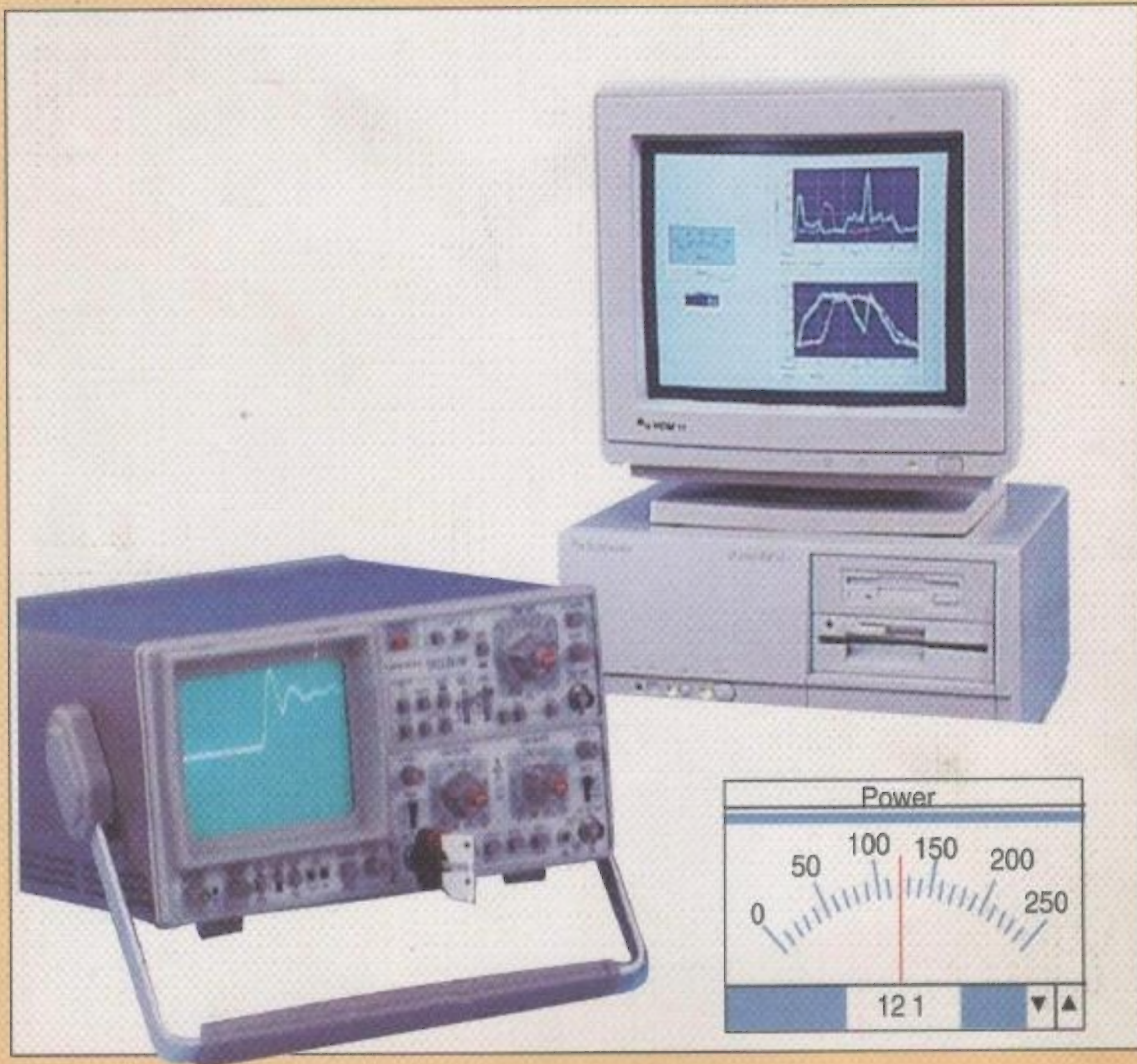




المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة للتعليم الفني
إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم



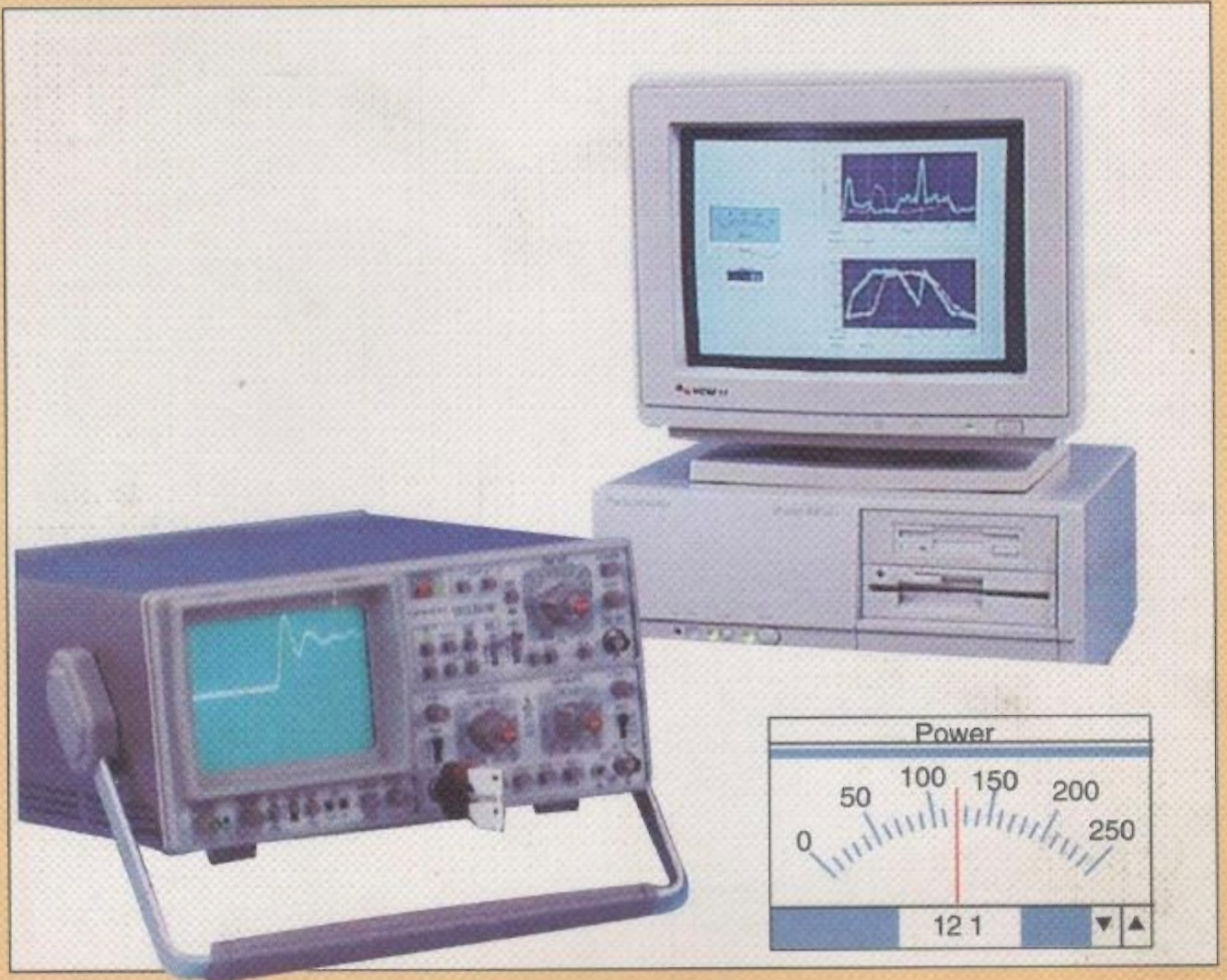
يوزع مجاناً ولا يباع

أجهزة القياس والتحكم
استخدام



المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة للتعليم الفني
إدارة الأبحاث والمناهج

استخدام أجهزة القياس والتحكم



يوزع مجاناً ولا يباع

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

استخدام أجهزة القياس والتحكم

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
وطباعة ممتازة

نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

ح) المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، ١٤١٧ هـ
فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
السعودية . المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
استخدام الأجهزة والتحكم - الرياض .
٤٢٠ ص ؛ ١٧ X ٢٤ سم
ردمك : ٧ - ٠٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠
١ - أجهزة القياس ٢ - السعودية - التعليم الفني - كتب دراسية
أ - العنوان
ديوي ٦٢١،٣٧٢
١٧ / ٠٩٦٩

رقم الإيداع : ١٧ / ٠٩٦٩
ردمك : ٧ - ٠٤٥ - ١٢ - ٩٩٦٠

First Printing Arabic Edition 1997

الطبعة الأولى باللغة العربية ١٩٩٧

- Copy right of the Arabic edition for the Kingdom of Saudi Arabia as well as for all other countries exclusively by: General Organization for Technical Education and Vocational Training.

- حقوق الطبع باللغة العربية في المملكة العربية السعودية وفي جميع دول العالم الأخرى محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني.

- All rights reserved. No portion of this book may be reproduced in any form without written permission of the copyright holder.

- لا يجوز إنتاج أي جزء من هذا الكتاب ، على أي شكل من الأشكال دون الحصول على تصريح كتابي من أصحاب حقوق الطبع.

- Translation and supervision over production & printing was done by (Al - Saif Translation House) by assignment of the General Organization for Technical Education and Vocational Training within the scope of the technical cooperation agreement between the Kingdom of Saudi Arabia and Japan.

- قامت بترجمة الكتاب ومراجعته والإشراف على الإخراج والطباعة دار السيف للترجمة بتكليف من المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني في إطار اتفاقية التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقديم

يتسم هذا العصر بتدخل الآلة في مختلف أوجه حياة الإنسان ؛ في صناعته ، وزراعته ، وتجارته ، وفي منزله ، وفي كافة شئون حياته اليومية . فلقد حررت الآلة الإنسان من العمل الروتيني المتكرر ، ليمارس ما كرمه الله به "العقل" على نطاق واسع ، حتي أصبح يطلق اصطلاح «الإنسان الآلي» على كثير من الأجهزة التي تقوم بدلاً من الإنسان ، بأعمال عديدة ومعقدة .

وكتاب «استخدام الأجهزة والتحكم» الذي نضعه بين يديك -أخي الطالب - يطل بك على هذا العلم ، فيشرح مبادئه ، ويبين أسسه ، ويوضح قواعده ، دعماً لك في مشوار المعرفة في هذا المجال .

ولا يفوتنا أن ننوه بالدعم السخي ، الذي قدمته وكالة اليابان للتعاون الدولي (جايكا) ، حيث قامت بتقديم الكتاب ، وترجمته من اللغة اليابانية إلى اللغة الإنجليزية ، في إطار التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية واليابان .

نسأل الله تعالى لك دوام التوفيق والنجاح في نهل هذا العلم ، ،

مدير عام التعليم الفني



الدكتور / علي بن ناصر الغفيص

فهرست المحتويات

صفحة

الموضوع

تقديم

الفصل الأول : أساسيات استخدام أجهزة القياس

١ - ١ أساسيات استخدام أجهزة القياس

١ ١-١-١ القياسات واستخدام أجهزة القياس

٢ ٢-١-١ مكونات أجهزة القياس

٥ ٣-١-١ التحويل

٧ ٤-١-١ نظام استخدام أجهزة القياس

١ - ٢ أخطاء القياس

١١ ١-٢-١ الأخطاء

١٣ ٢-٢-١ تصنيف الأخطاء

١ - ٣ أداء أجهزة القياس

١٥ ١-٣-١ دقة أجهزة القياس

١٧ ٢-٣-١ حساسية أجهزة القياس

١٨ ٣-٣-١ العلاقة بين الدقة والحساسية

١ - ٤ معالجة القيم المقاسة

١٨ ١-٤-١ القيمة المتوسطة والانحراف المعياري

الموضوع	صفحة
١ - ٤ - ٢ الرقم المعنوي	٢٠
١ - ٤ - ٣ حسابات الجمع والطرح	٢١
١ - ٤ - ٤ حسابات القسمة والضرب	٢٢
١ - ٤ - ٥ تقريب القيم	٢٤
تمارينات	٢٦

الفصل الثانى : استخدام أجهزة قياس الطول

١ - ٢ وحدات الأطوال ومعاييرها	٢٧
٢ - ١ - ١ المرجع الثانوى باستخدام المعيار الخطى	٢٩
٢ - ١ - ٢ المرجع الثانوى باستخدام المعيار الطرفي	٣٢
٢ - ٢ الأخطاء فى قياس الطول	٣٥
١ - ٢ - ٢ أخطاء أجهزة القياس	٣٥
٢ - ٢ - ٢ أخطاء أجهزة القياس والأجزاء التى يتم قياسها	٣٩
٢ - ٢ - ٣ التأثيرات الأخرى	٤٤
٢ - ٣ استخدام أجهزة القياس الميكانيكية	٤٥
١ - ٣ - ٢ استخدام المسامير المسننة والعجلات المسننة	٤٥
٢ - ٤ استخدام أجهزة القياس الضوئية	٥٢
١ - ٤ - ٢ استخدام الذراع الضوئى	٥٢
٢ - ٤ - ٢ تطبيق هُـدُب التداخل الضوئى	٥٦

الموضوع	صفحة
٢-٤-٣ استخدام شعاع الليزر	٦١
٢-٤-٤ تطبيقات هُدْب مَوَّار	٦٦
٢-٤-٥ القياسات الرقمية عن طريق إشارات نبضية ضوئية	٦٩
٢ - ٥ استخدام أجهزة قياس الموائع	٧٠
٢-٥-١ استخدام السوائل	٧٢
٢-٥-٢ استخدام الهواء	٧٤
٢ - ٦ استخدام أجهزة القياس الكهربائية	٧٧
٢-٦-١ خصائص استخدام أجهزة القياس الكهربائية	٧٧
٢-٦-٢ نظام التحويل بالمقاومات	٧٩
٢-٦-٣ نظام التحويل بالمحاثات	٨٤
٢-٦-٤ نظام التحويل بالسعة الكهروستاتية	٨٩
٢-٦-٥ نظام التحويل الكهروضوئي	٩١
٢-٦-٦ نظام التحويل الكهربائي الإجهادي	٩٢
٢-٦-٧ نظام التحويل المغنطيسي (المقياس المغنطيسي)	٩٣
٢-٦-٨ أجهزة البيان	٩٥
٢-٦-٩ تحويل الإشارات من تناظرية إلى رقمية	٩٩
٢ - ٧ استخدام أجهزة قياس الشكل	١٠٠
٢-٧-١ أجهزة القياس الضوئية	١٠٠
٢-٧-٢ أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد	١٠١

الموضوع	صفحة
٢ - ٨ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح	١٠٧
١-٨-٢ طريقة التعبير عن خشونة السطح	١٠٧
٢-٨-٢ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح	١٠٧
تمرينات	١١٤
هوامش	١١٧
الفصل الثالث : استخدام أجهزة قياس الكتلة والقوة	١١٩
٣ - ١ استخدام أجهزة قياس الكتلة	١١٩
١-١-٣ الميزان نو المنصة (الطبلية)	١٢٠
٢-١-٣ الميزان	١٢٢
٣-١-٣ الميزان نو المبين	١٢٥
٤-١-٣ الميزان الصناعي	١٢٦
٣ - ٢ استخدام أجهزة قياس القوة	١٢٨
١-٢-٣ مرجع (إسناد) القوة	١٢٨
٢-٢-٣ صندوق المعايرة المرن	١٣٠
٣-٢-٣ خلية الحمل	١٣١
تمرينات	١٣٤
هوامش	١٣٥

الموضوع	صفحة
---------	------

١٣٧	الفصل الرابع :استخدام أجهزة قياس الزمن وسرعة الدوران
-----	---

١٣٧	٤ - ١ استخدام أجهزة قياس الزمن
-----	---------------------------------------

١٣٧	٤-١-١ جهاز قياس الوقت (الساعة)
-----	--------------------------------

١٤١	٤-١-٢ المبين ذو البلّورات السائلة
-----	-----------------------------------

١٤٣	٤ - ٢ استخدام أجهزة قياس سرعة الدوران
-----	--

١٤٣	٤-٢-١ تاكومتر الطرد المركزي
-----	-----------------------------

١٤٥	٤-٢-٢ التاكومتر المولّد
-----	-------------------------

١٤٦	٤-٢-٣ التاكومتر الستروبوسكوبى
-----	-------------------------------

١٤٩	٤-٢-٤ التاكومتر المحمول ذو الساعة
-----	-----------------------------------

١٤٩	٤-٢-٥ التاكومتر الإلكتروني الرقمي
-----	-----------------------------------

١٥٥	تمرينات
-----	---------

١٥٦	هوامش
-----	-------

١٥٧	الفصل الخامس :استخدام أجهزة قياس الموائع
-----	---

١٥٧	٥ - ١ استخدام أجهزة قياس الضغط
-----	---------------------------------------

١٥٨	٥-١-١ أنواع ومدى قياس مقاييس الضغط
-----	------------------------------------

١٦٠	٥-١-٢ مقاييس الضغط بعمود سائل
-----	-------------------------------

١٦٠	٥-١-٣ المبين المرن لقياس الضغط
-----	--------------------------------

١٦٣	٥-١-٤ المبين الكهربائي لقياس الضغط
-----	------------------------------------

الموضوع	صفحة
٥-١-٥ مقياس التفريغ	١٦٣
٥ - ٢ استخدام أجهزة قياس الانسياب	١٦٣
٥-٢-١ مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلي)	١٦٥
٥-٢-٢ مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة	١٦٧
٥-٢-٣ مقياس الانسياب بإزاحة موجبة	١٦٧
٥-٢-٤ مقياس الانسياب المروحي (بدفاعة)	١٧٠
٥-٢-٥ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسى	١٧٢
٥ - ٣ استخدام أجهزة قياس مستوى السائل	١٧٢
٥-٣-١ مبين مستوى السائل ذو العوامة	١٧٢
٥-٣-٢ مبين مستوى السائل بالضغط	١٧٣
٥-٣-٣ مبيّنات أخرى لمستوى السائل	١٧٦
تمرينات	١٧٨
هوامش	١٨٠

الفصل السادس : استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة

١-٦ أجهزة قياس درجة الحرارة	١٨١
١-٦-١ مقياس درجة الحرارة	١٨١
١-٦-٢ أنواع ومدى القياس للترمومترات	١٨٢

الموضوع	صفحة
٦-١-٣ الترمومتر المعدنى	١٨٢
٦-١-٤ الترمومتر الكهربائى	١٨٥
٦-١-٥ ترمومتر الإشعاع الحرارى	١٩١
٦-١-٦ استخدام أجهزة قياس درجات الحرارة لعمل مخطط	١٩٣
٦ - ٢ استخدام أجهزة قياس الرطوبة	١٩٣
٦ - ٣ استخدام أجهزة قياس الغازات	١٩٥
تمرينات	١٩٧
هوامش	١٩٩

الفصل السابع : التحكم الأوتوماتيكي

٢٠١	٧ - ١ الأوتوماتيكية والتحكم الأوتوماتيكي
٢٠١	٧-١-١ تاريخ الأوتوماتيكية
٢٠٤	٧-١-٢ الأوتوماتيكية
٢٠٦	٧ - ٢ التحكم الأوتوماتيكي
٢٠٦	٧-٢-١ التحكم
٢٠٨	٧-٢-٢ التحكم الأوتوماتيكي
٢١١	تمرينات
٢١١	هوامش

الموضوع	صفحة
---------	------

٢١٣	الفصل الثامن : التحكم المتتابع
-----	---------------------------------------

٢١٣	٨ - ١ نظام التحكم المتتابع ودائرة المرحل
-----	---

٢١٥	٨ - ١ - ١ شكل نظام التحكم المتتابع
-----	------------------------------------

٢١٥	٨ - ١ - ٢ دائرة المرحل
-----	------------------------

٢٣٨	٨ - ٢ دوائر التحكم المتتابع المختلفة
-----	---

٢٣٨	٨ - ٢ - ١ التحكم المتتابع الكهربائي
-----	-------------------------------------

٢٤٣	٨ - ٢ - ٢ التحكم المتتابع الهيدروليكي
-----	---------------------------------------

٢٥٥	٨ - ٢ - ٣ بناء دائرة تتابع هيدروكهربائية
-----	--

٢٦٦	٨ - ٢ - ٤ دائرة تتابع بالهواء المضغوط بالكامل
-----	---

٢٧١	تمرينات
-----	---------

٢٧٣	هوامش
-----	-------

٢٧٥	الفصل التاسع : التحكم بالتغذية المرتدة
-----	---

٢٧٥	٩ - ١ نظام التحكم بالتغذية المرتدة
-----	---

٢٧٥	٩ - ١ - ١ إشارة نظام التحكم بالتغذية المرتدة
-----	--

٢٧٦	٩ - ١ - ٢ شكل نظام التحكم بالتغذية المرتدة
-----	--

٢٧٩	٩ - ١ - ٣ تصنيف التحكم بالتغذية المرتدة
-----	---

٢٨١	٩ - ٢ عناصر التحكم والاستجابة
-----	--------------------------------------

٢٨١	٩ - ٢ - ١ الاستجابة ذات الخطوة (الخطوية)
-----	--

الموضوع	صفحة
٩-٢-٢ العنصر التناسبي	٢٨٢
٩-٢-٣ العنصر المتكامل	٢٨٣
٩-٢-٤ عنصر التخلف من المرتبة الأولى	٢٨٥
٩-٢-٥ عنصر التفاضل	٢٨٩
٩-٢-٦ عنصر زمن الخمود	٢٨٩
٩ - ٣ مكونات معدات التحكم وعملية التحكم	٢٩١
٩-٣-١ جزء الكشف	٢٩١
٩-٣-٢ مفتاح التحكم	٢٩٣
٩-٣-٣ عنصر التحكم النهائي	٣١٢
٩ - ٤ آلية المؤازرة	٣١٧
٩-٤-١ آلية المؤازرة الهيدروليكية	٣١٨
٩-٤-٢ آلية المؤازرة الكهربائية	٣٢٠
٩-٤-٣ آليات المؤازرة التناظرية والرقمية	٣٢٥
٩-٤-٤ أمثلة لآليات المؤازرة	٣٢٧
٩ - ٥ التحكم في العمليات	٣٢٨
تمارين	٣٣٠

الفصل العاشر : التحكم الرقمي

١٠ - ١ التحكم الرقمي	٣٣٣
----------------------	-----

الموضوع	صفحة
١-١-١٠ الحاسب والإشارة الرقمية	٣٣٣
٢-١-١٠ خصائص الحاسب الدقيق	٣٣٣
٣-١-١٠ آلية الحاسب الدقيق	٣٣٦
١ - ٢ أساسيات الحاسب الدقيق	٣٣٨
١-٢-١٠ الإشارة الثنائية	٣٣٨
٢-٢-١٠ الرموز العشرية والثنائية	٣٣٩
٣-٢-١٠ الأرقام العشرية والثنائية والسادسية العشرية	٣٤٢
٤-٢-١٠ الدائرة المنطقية	٣٤٥
٥-٢-١٠ دائرة الجمع	٣٤٨
١ - ٣ مخطط سير العمليات	٣٥٠
١-٣-١٠ رموز مخطط سير العمليات	٣٥٠
٢-٣-١٠ كيفية كتابة مخطط سير العمليات	٣٥٣
٣-٣-١٠ تنفيذ كلمة تعليمات	٣٥٣
١-٤ لغات البرامج	٣٥٣
١-٤-١٠ لغات البرامج	٣٥٣
١ - ٥ تطبيقات الحاسب الدقيق	٣٥٨
١-٥-١٠ التحكم في الآلة عن طريق حاسب دقيق	٣٥٨
٢-٥-١٠ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح	٣٦٠
٣-٥-١٠ التحكم في درجة حرارة فرن	٣٦٢

الموضوع	صفحة
١٠-٥-٤ التحكم فى محرك السيارة	٣٦٤
٦-٦. الروبوت الصناعى	٣٦٦
١٠-٦-١ مكونات الروبوت الصناعى	٣٦٦
١٠-٦-٢ أنواع الروبوت الصناعى	٣٦٨
١٠-٦-٣ التحكم فى الروبوت الصناعى	٣٦٨
١٠-٦-٤ المجسات	٣٦٨
١٠-٦-٥ البرامج (لغات برمجة الروبوت)	٣٧٣
١٠-٧. أجهزة التشغيل بالتحكم العددي	٣٧٣
١٠-٧-١ مسار العمل فى حالة آلات التشغيل	٣٧٧
بالتحكم العددي	
١٠-٧-٢ التحكم فى أجهزة التشغيل بالتحكم العددي	٣٧٨
١٠-٧-٣ تحول المصنع إلى الأوتوماتيكية .	٣٨١
تمرينات	٣٨٣
ملاحظات ختامية	٣٨٤
ملحق : المصطلحات الفنية	٣٨٧



الفصل الأول

أساسيات استخدام أجهزة القياس FUNDAMENTALS OF INSTRUMENTATION

١-١ أساسيات استخدام أجهزة القياس

استخدام أجهزة القياس هو أساس إختبار الظواهر الطبيعية أو الكيميائي لإنتاج السلع وإبرام الصفقات . وسيتم فيما يلي شرح أسس قياس حالات وكميات معينة (قياس وزن) .

١-١-١ القياس واستخدام أجهزة القياس

Measurement and Instrumentation

عندما يكون ارتفاع مكتب 74سم . فإن الـ 1 سم هنا هي القيمة الاسنادية (القيمة المرجعية) للطول . فى هذه الحالة، يكون ارتفاع المكتب هو 74 وحدة من هذه القيمة الاسنادية . وتعرف عملية «القياس» بأنها التعبير عن القيمة أو الحالة المقاسة بمقارنتها بقيمة أو حاله مرجعية ، وذلك بقيم عدديه أو باستخدام رموز لها قواعد معينة . وعلى سبيل المثال، فإن القياس باستخدام إشارات ثنائية مذكورة فى الفصل العاشر، بند ١ «الإشارة الثنائية» ، هو تطبيق على هذا الأسلوب . وتعرف الكميات المرجعية بوحدات . وفى اليابان ، يتم تحديد الوحدات المسموح بها، المذكورة فى قانون القياسات .

وتسمى طريقة التعبير عن ارتفاعات مكتب بأصناف أخرى بقيم عددية، طريقة التعبير الكمي . وبالمقارنة ، فإن طريقة التعبير عن حالات المواد بالإحساس مثل «إرتفاع المكتب منخفض أو عالى» ، تسمى طريقة التعبير النوعى . وفى طريقة التعبير النوعى ،

يختلف المرجع فى الحكم، حيث يعتمد على الشخص الذى قام بالقياس ، ولا تعرف حالات المواد بالضبط. وعلى ذلك ، يجب أن تستخدم طريقة التعبير الكمي عن حالات المواد هندسياً بدلاً من الطريقة النوعية ويجب أن نأخذ فى الاعتبار عدة أشياء عند قياس أبعاد جزء ميكانيكى وهى ، ماهى التفاصيل التى يجب أن تصل إليها القيمة المقاسة ؟ وما هى عملية القياس ، وماهى العمليات الحسابية والتسجيلات اللازمة لمراقبة الجوده أو الأغراض الأخرى؟ وما هى وظيفة المعدات اللازمة لقياسها؟ واستخدام أجهزة القياس يعنى ، الطرق والوسائل اللازمة ، لاستخدامها والاستفادة من النتائج لهدف معين .

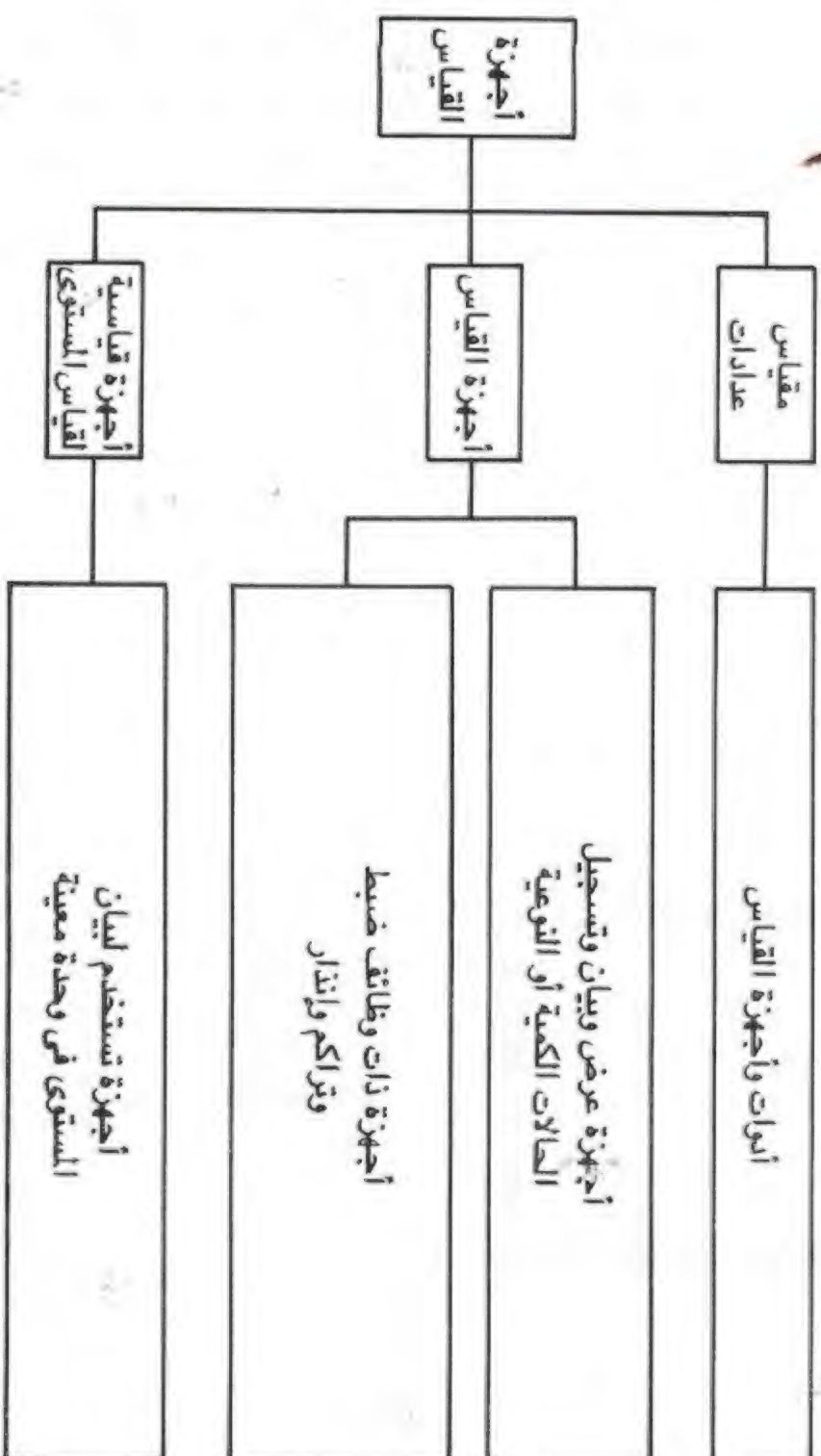
ويسمى «استخدام أجهزة القياس» الذى يتم أثناء عمليات الإنتاج الصناعى أو الإنتاج التابع له ، باستخدام أجهزة القياس فى الصناعة. وتستخدم عمليات الإنتاج الصناعى الحالية ماكينات ومعدات بغرض تحسين الإنتاجية وإدخال الأوتوماتيكية وتوفير الطاقة . وتلعب تقنية استخدام أجهزة القياس فى الصناعة دوراً بارزاً فى هذا المجال .

١-١-٢ مكونات أجهزة القياس

Composition of Measuring Instruments

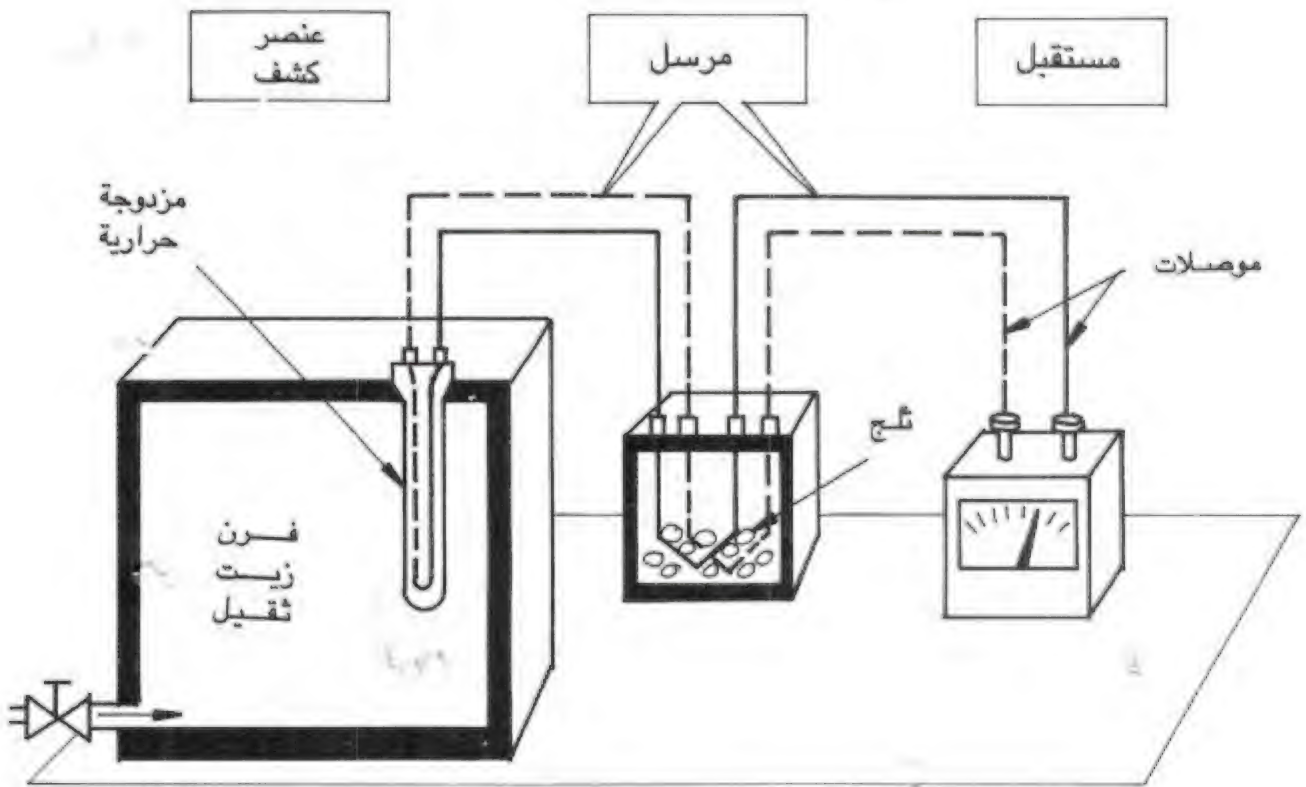
تسمى المقاييس والعدادات وأجهزة القياس والمعايير القياسية - بشكل عام - بأجهزة القياس العامة- كما فى الشكل ١ - ١ .

وتؤدى أجهزة القياس الوظائف التى تناظر الحواس الخمسة للإنسان (نظر، وسمع، ولمس، وتذوق، وشم). وحديثاً ، يرجع الفضل إلى الصناعة الالكترونية والحاسبات الآلية ، والماكينات والمعدات التى تعمل تبعاً لتعليمات تم إعدادها مسبقاً لأداء معظم الأعمال المناسبة باستخدام المعلومات التى تم الحصول عليها، بالإضافة إلى الظواهر التى يتم قياسها.



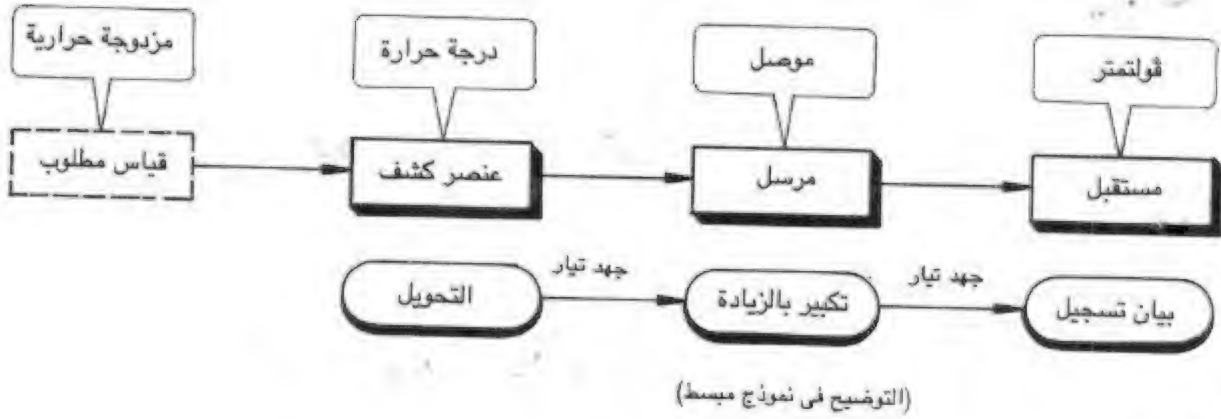
الشكل ١ - ١ تصنيف أجهزة القياس

ويستخدم قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حراري كهربائي كمثال معروض في شكل ١ - ٢، لتوضيح مكونات أجهزة القياس وتكشف درجة الحرارة داخل الفرن عن طريق مزدوجات حرارية (ارجع إلى الفقرة ٤ - القسم ١ - الفصل السادس)، حيث يتم تحويل درجة الحرارة المقاسة إلى كمية كهربائية، ترسل خلال أسلاك توصيل تنقلها إلى المستقبل. ويبين المستقبل درجة الحرارة عن طريق فولتметр بمقياس مدرج لبيان درجات الحرارة.



الشكل ١ - ٢ قياس درجة الحرارة عن طريق ترمومتر حراري كهربائي

والشكل ١ - ٣ يلخص المكونات الرئيسية لجهاز القياس .



الشكل ١ - ٣ مكونات جهاز القياس

Conversion

١ - ٣ التحويل

يكتشف الترمومتر الكهروحراري درجة الحرارة عن طريق مزدوجة حرارية وتحولها إلى كمية كهربائية . وفي مثل هذه الحالة ، فإن تغيير كمية معينة إلى كمية من نفس النوع مع الاحتفاظ بعلاقة ثابتة معها تسمى بـ «التحويل» . ويسمى الجهاز الذي يستخدم للتحويل بالمحول «المغير» . ويعرف تغيير كميات معينة إلى كميات أكبر من نفس النوع عادة بـ «التكبير» .

وتستخدم أجهزة القياس طريقة التحويل أو التكبير المناسبة للفرض الذي صنعت له .
ويبين الجدول ١ - ١ أنواع التحويل والتكبير التي تستخدم بشكل عام .

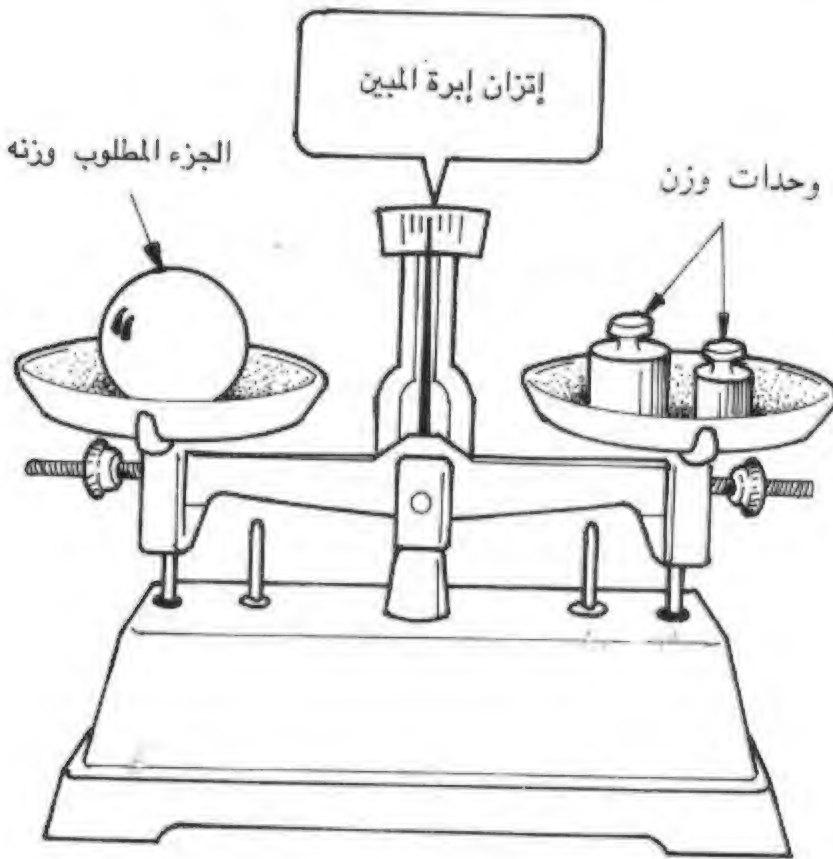
نوع الزيادة	نظام التحويل	طريقة التحويل
ذراع ، مسار مسنن ، ترس (مقياس قرصي مدرج - انظر ص)	يحول القياس إلى إزاحة باستخدام سوسته ، منفخ ، ثنائي معدني ، بندول - انظر ص	النظام الميكانيكي
ذراع ضوئي ، عدسة (مقياس ضوئي - انظر ص)	يحول القياس إلى عدد من الهدب باستخدام هدب التداخل ، هدب مواري (سطح ضوئي الإستواء - انظر ص)	النظام الضوئي
انبوبة الفقاعة (مقياس المستوى - انظر ص)	يحول القياس إلى معدلات ضغط الانسياب باستخدام فوهة ، انبوبة حقن (الميكرومتر الهوائي - انظر ص)	نظام السوائل
تكبير وتحويل الجهد (مكبر ، ومحول)	يحول القياس إلى مقاومة كهربائية ، سعة ، محاثة ، قوة دافعة كهربائية (مقياس الإنفعال - انظر ص)	النظام الكهربائي

الجدول ١-١ أنواع التحويل والتكبير

٤-١-١ نظام استخدام أجهزة القياس Instrumentation System

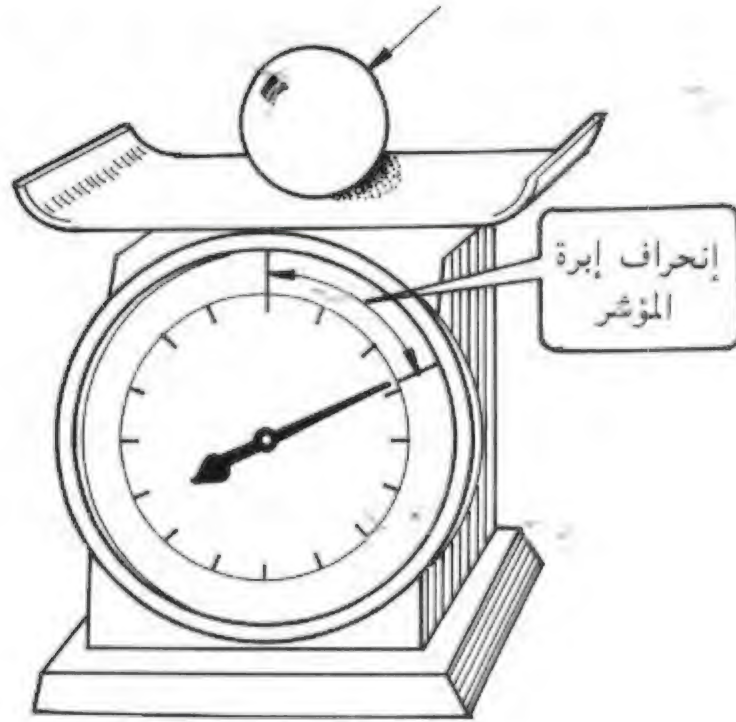
[١] الطريقة الصفرية وطريقة الانحراف Zero and Deflection Methods

لندرس ماهى طرق القياس التي يمكن استخدامها عن طريق قياس الكتلة على سبيل المثال . فعند استخدام ميزان كما في الشكل ١ - ٤ ، توضع الأوزان على أحد جانبي الميزان وتضاف أوزان أو ترفع لتتوازن مع الغرض المطلوب وزنه . ومن هنا فإننا نعرف كتلة الغرض المطلوب وزنه من كتلة الأوزان عندما تشير إبرة المبين إلى صفر «0» . وتعرف الطريقة الصفرية بأنها طريقة تعيين الكمية المقاسة من الكمية المعروفة التى تتوازن معها - وذلك باتزان الكمية المطلوب قياسها (وزنها) مع المقدار المعلوم .



الشكل ١ - ٤ الوزن بالطريقة الصفرية

الجزء المطلوب وزنه

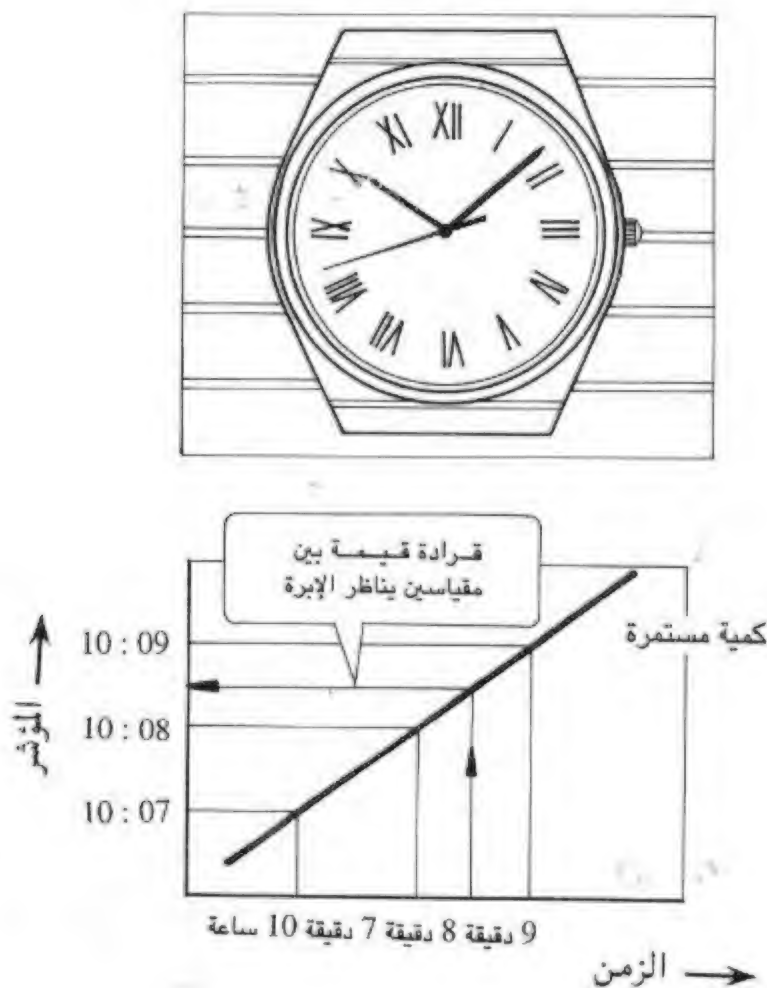


الشكل ١ - ٥ الوزن بطريقة الانحراف

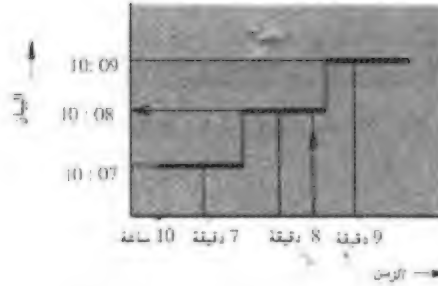
وفي المقابل مع هذه الطريقة ، توجد طريقة تستخدم ميزان بمنصة (كفة) كما فى شكل ١ - ٥ ، وهي تقيس عن طريق انحراف إبرة مبين ينتج من تحرك يابى عندما يوضع الغرض المطلوب وزنه على الياى وتعرف طريقة الانحراف بأنها الطريقة التى تعرف بها الكمية المقاسة عن طريق إحداث تغير فى المؤشر تبعاً للكمية المقاسة . ولا يتطلب القياس بطريقة الانحراف جهداً كبيراً، غير أن القياس بالطريقة الصفريّة أكثر دقة. وجهاز القياس النموذجي الذي يستعمل الطريقة الصفريّة، هو مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة باستخدام دائرة قنطرة هويتستون (ارجع إلى الفقرة ٢ - الجزء ٦ - الفصل الثاني). ويستخدم الفولتметр والأميتر طريقة الانحراف .

[٢] البيان التناظري والرقمي Analogue and Digital Indication

تنقسم النظم التي تبين نتائج القياس وتنقلها كإشارات إلى أنظمة تناظرية لتحويلها إلى كميات طبيعية مستمرة كما في الشكل ١ - ٦، وأنظمة رقمية تجزئ القيم المقاسة إلى مقاسات معينة وتحويلها إلى مضاعفات لهذه المقاسات ثم تحويلها إلى قيم كما في الشكل ١ - ٧



الشكل ١ - ٦ البيان التناظري



الشكل ١ - ٧ البيان الرقمي

وبالمقارنة مع النظام التناظري ، فإن النظام الرقمي يتميز بالخصائص التالية
هذا ، وقد انتشر استخدامه ، حديثاً ، بالرغم من تعقد المعدات ، بشكل عام .

(١) يتم التعبير عن النظام الرقمي بالأرقام، ويمكن قراءة القيم المقاسة بسرعة
وبأخطاء قليلة .

(٢) يعتبر مناسباً لعمليات التخزين والتسجيل وإجراء العمليات الحسابية بالإضافة
إلى بيان القيم المقاسة .

(٣) يمكن تغيير وحدات البيان بسهولة بتغيير حجم المقسوم عليه .

(٤) بخلاف أجهزة القياس التناظرية والتي تستخدم انحراف ابرة المؤشر للبيان فإن
في الأجهزة الرقمية يصعب تحديد اتجاهات التغيير في القيم المقاسة بالحدس .

وتسمى عملية تحويل الكميات التناظرية إلى كميات رقمية بعملية تحويل تناظري رقمي (ADC) - (ارجع إلى الفقرة ٩ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) .

٢-١ أخطاء القياس Measurement Errors

١-٢-١ الأخطاء Errors

بغض النظر عن الطريقة المستخدمة أو الجهاز المستخدم للقياس ، فإنه يوجد دائماً فرق بين القيمة التي حصلنا عليها من القياس (القيمة المقاسة) والقيمة الصحيحة للقيمة المقاسة (القيمة الحقيقية)، على الرغم من اختلاف حجم الفرق باختلاف الحالة .
والقيمة التي نحصل عليها بطرح القيمة الحقيقية من القيمة المقاسة تسمى «الخطأ» .
ويمكن أن تكتب كما يلي :

$$\text{الخطأ} = (\text{القيمة المقاسة}) - (\text{القيمة الحقيقية}) \quad (1-1)$$

أما القيمة الحقيقية فيمكن قياسها بصعوبة بصرف النظر عن درجة دقة الجهاز .
* فمثلاً يمكن قياس قيم عددية أقل من 0.1 مم باستخدام العين فقط ذلك لو استخدمنا مسطرة طول جزء القياس بها 0.1 مم أما القيمة العددية الأقل من 0.01 مم يمكن قياسها بالعين فقط لو استخدمنا الميكرومتر .
والقيمة الحقيقية هي القيمة التي يمكن أخذها ذهنياً في الاعتبار، ولا يمكن الحصول عليها في الواقع .

ونظراً لأن القيمة الحقيقية لجزء مطلوب قياسه تكون غير معروفة ، لذا لا يمكن تحديد القيمة الحقيقية للخطأ . ومع ذلك ، قد يكون الخطأ في حدود قيمة معينة، ويمكن تحديده

بناءً على جهاز القياس المستخدم وعلى القيمة المقاسة. ولهذا السبب، يقال : إن القيمة الحقيقية توجد بين قيم معينة .

ويمكن تقليل الأخطاء إذا تم قياس أطوال الأجزاء باستخدام أجهزة قياس دقيقة .
ولاتعنى الأخطاء الصغيرة دقة أكثر فى القياس .

* وكمثال ، لا يمكن قياس المسافة بين طوكيو وأوساكا بخطأ أقل من 1مم. ومع ذلك، يمكن قياس جزء طوله 1سم تقريباً بخطأ أقل من 0.01 مم باستخدام ميكرومتر .

كما أنه ليس منطقياً أن نقرر ما إذا كان القياس صحيحاً أو لا ، عندما يكون الخطأ كبيراً أو صغيراً فقط .

وعلى ذلك تؤخذ النسبة بين الخطأ والقيمة الحقيقية فى الاعتبار ، وهذه تسمى نسبة الخطأ

(1-2)

$$\text{نسبة الخطأ} = \frac{\text{الخطأ}}{\text{القيمة الحقيقية}}$$

* وكما علمنا سابقاً ، يمكننا أن نعرف أن الخطأ يكون فى حدود قيمة معينة، وأن القيمة الحقيقية يمكن الحصول عليها بالتقريب من القيمة المقاسة . وتحسب نسبة الخطأ منها .

وتسمى القيمة التى تعبر عن نسبة الخطأ بالنسبة للمائة، بالنسبة المئوية للخطأ. وفى حالة التأكد من عدم الخلط بينهما ، يمكن تسمية النسبة المئوية للخطأ بنسبة الخطأ. وفى الحقيقة ، يستخدم التعبير « نسبة الخطأ....% » ، غالباً .

٢-٢-١ تصنيف الأخطاء Classification of Errors

تنتج الأخطاء من تراكم أسباب متداخلة . وعموماً يمكن تصنيف الأخطاء كما في الشكل ١ - ٨ ، تبعاً لأسباب حدوثها وخصائص كل منها .

وتستخدم الطرق التالية للتغلب على الأخطاء المختلفة .

ويمكن اكتشاف الغلطات بسهولة إذا تم تسجيل القيم المقاسة وإدخالها في رسم بياني

ويمكن تقسيم الأخطاء النظامية إلى أخطاء نظرية ، و أخطاء خاصة بأجهزة القياس ، وأخطاء شخصية . كما يمكن تصحيح هذه الأخطاء باتباع الطرق التالية للحصول على قيم أقرب ما يمكن إلى القيم الحقيقية .

تصحح الأخطاء النظرية بواسطة الحسابات النظرية . ويمكن تصحيح الأخطاء

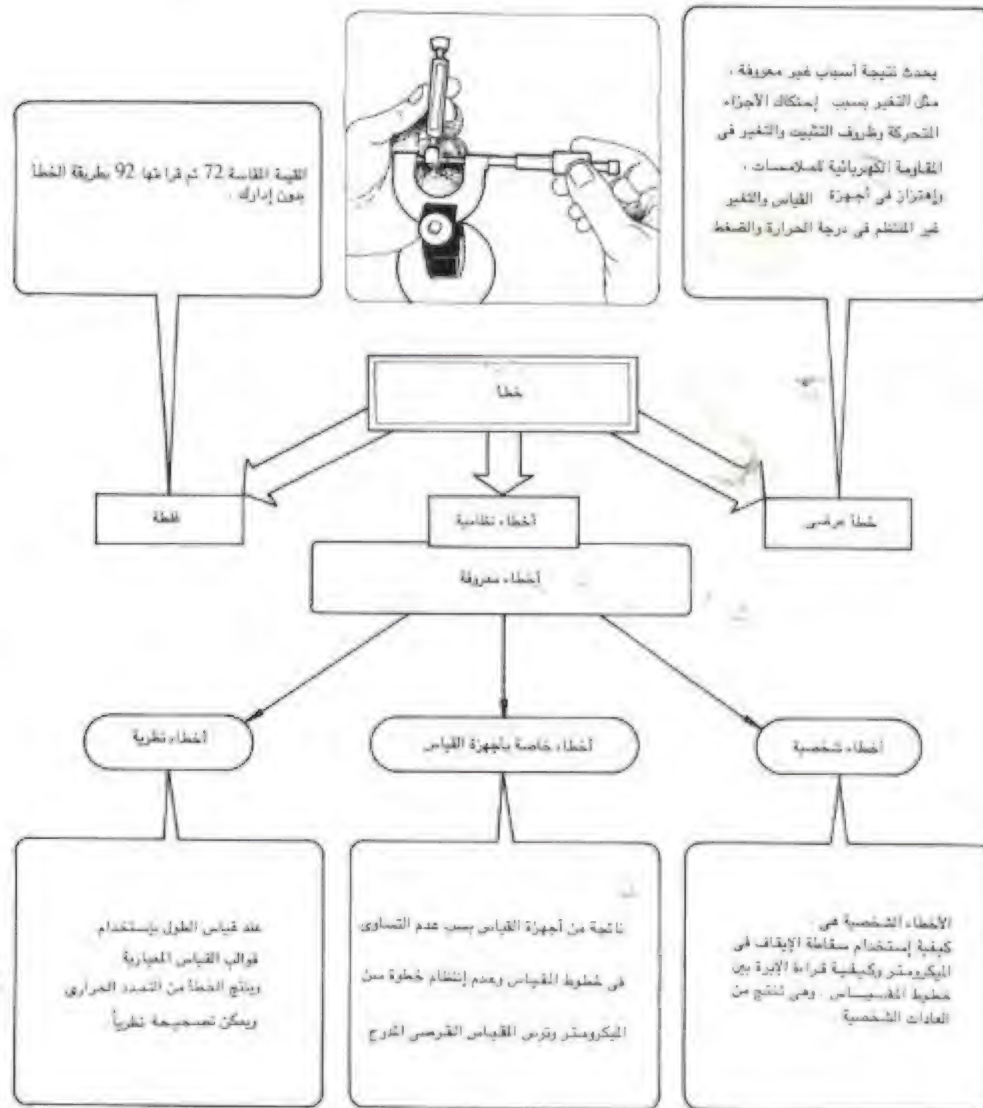
الخاصة بأجهزة القياس ، باستخدام أجهزة قياس ذات أخطاء صغيرة . ويعرف تصحيح

أجهزة القياس بالمعايرة . وعموماً ، فإن الأخطاء الشخصية هي أقلها . فمثلاً عند القراءة

بالقرب من 0.5 على المقياس ، يكون الخطأ أقل من القراءة بالقرب من 0.2 أو 0.8 ،

ويمكن تقليل الأخطاء الشخصية باستخدام المهارة في القياس . وعلى هذا ، فقد

وجد من الخبرة ، أن النتائج تكون أفضل عندما يقوم عدة أشخاص بقياس الجزء نفسه .



الشكل ١ - ٨ تصنيف الأخطاء

وبوجه عام ، تصبح القيم المقاسة قيماً مختلفة قليلاً حتى إذا تم تصحيح الغلطات ، و الأخطاء النظامية. وتسمى هذه الأخطاء بالأخطاء العرضية، وتحدث بصورة غير منتظمة عندما تتواكب عدة أسباب صغيرة . وتسبب الأخطاء العرضية تشتت في القيم المقاسة ، ولا يمكن تجنبها تماماً . وللأخطاء العرضية الخصائص التالية :

(١) لاتحدث تقريباً الأخطاء العرضية الكبيره جداً نهائياً .

(٢) يتكرر حدوث الأخطاء العرضية الصغيرة أكثر من الأخطاء العرضية الكبيرة .

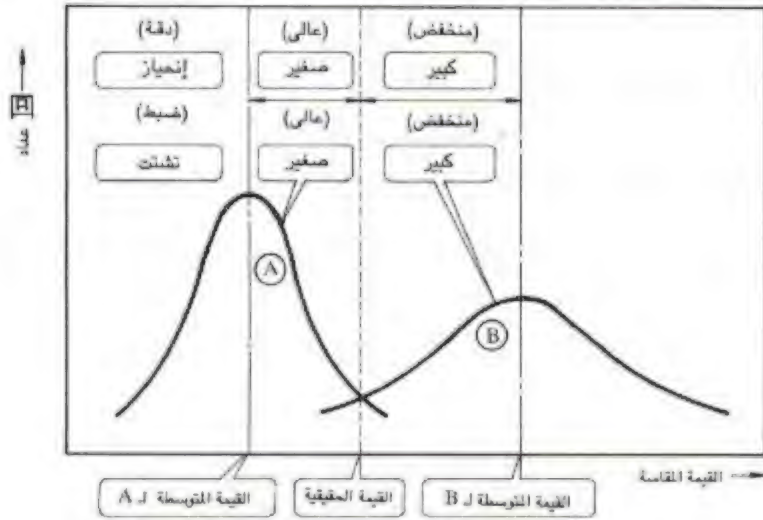
(٣) تحدث الأخطاء العرضية الموجبة والسالبة ذات الحجم الواحد بالتساوى تقريباً .

وعلى ذلك ، يتم تقليل الأخطاء العرضية بالتعامل معها إحصائياً، مثل حساب القيم المتوسطة للقيم المقاسة (ارجع إلى الفقرة ١ - الجزء ٤ - الفصل الأول) .

٣-١ أداء أجهزة القياس Performance of Measuring Instruments

١-٣-١ دقة أجهزة القياس Accuracy of Measuring Instruments

تبين المنحنيات B, A في شكل ١ - ٩ قياس سرعة الدوران بواسطة جهاز قياس B, A تحت نفس الظروف . في هذه الحالة، يتشتت المنحنى A بدرجة أقل بتأثير من القيم المقاسة وشكله المخروطى يكون أكثر حدة . وتسمى درجة تشتت القيم المقاسة بالضبط ويعبر عنها بـ « الضبط عالي أو منخفض » . تسمى القيمة التى تحصل عليها بواسطة طرح القيمة الحقيقية من القيمة المتوسطة للقيم المقاسة بالإنحياز . تسمى الدرجة ذات الإنحياز الصغير بالدقة ويعبر عنها بـ « دقة عالية » أو منخفضة « من شكل ١ - ٩ للمنحنى A إنحياز أقل ودقة أعلى من المنحنى B .



الشكل ١ - ٩ الضبط والدقة

وضبط أجهزة القياس هو تقدير كلى يدمج ما بين دقة وضبط نتائج القياس . ويتم التعبير عنه عامة، بأنه القيمة القصوى للأخطاء أو نسب الخطأ للقيم المقاسة، التى نحصل عليها عندما تكون أجهزة القياس فى أفضل حالاتها .

* وعلى سبيل المثال ، تتم معايرة الميكرومتر بواسطة قالب قياس معياري، ويتم ضبط جهاز القياس فى حدود ± 0.01 مم ، إذا كانت الأخطاء القصوى على الجانب + والجانب - هي $0.01+$ مم ، - 0.01 مم فى المدى من صفر إلى 25 مم .

وإذا اختلفت القيم القصوى للأخطاء على الجانبين + ، - ، يتم التعبير عن القيم القصوى بشكل منفصل ، أو تؤخذ القيمة الأكبر .

وبشكل عام ، يتم تصنيع أجهزة القياس بحيث تصبح الأخطاء على الجانبين + ، -

متساوية . ومع ذلك ، يقل ضبط أجهزة القياس تدريجيا نتيجة تآكل الأجزاء أو لأسباب أخرى ، عندما تستخدم الأجهزة لمدة طويلة

١-٣-٢ حساسية أجهزة القياس Sensitivity of Measuring Instruments

تُعرف الحساسية بأنها التغيرات في مستوى الإحساس بالكميات المقاسة عن طريق أجهزة القياس، ويعبر عنها باستخدام معامل الحساسية أو متغيرات أخرى ويحسب معامل الحساسية باستخدام المعادلة التالية :

$$(1-3) \quad \text{معامل الحساسية} = \frac{\text{التغيرات في الكمية المبينة}}{\text{التغيرات في الكمية المقاسة}}$$

* وعلى سبيل المثال، إذا تغيرت إبرة المبين 3 مم ، عندما تتغير الكمية المقاسة 0.01 عن طريق محوّل (ترانسفورمر) فرقي ميكرومتر كهربائي (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) ، سيكون معامل الحساسية

$$300 = \frac{3 \text{ مم}}{0.01 \text{ مم}}$$

ويمكن التعبير عن الحساسية بقيمة أصغر جزء على أجهزة القياس (أي مقدار الكمية المقاسة المناظرة لقراءة المؤشر عند خطوط الفواصل المبينة على أجهزة القياس) لأجهزة القياس.

* في المقياس القرصي ذي أجزاء مقياس تساوى 0.01 مم ، يقال أن له حساسية تساوى 0.01 مم ، على سبيل المثال .

وتكون الحساسية عالية عندما تكون أجزاء المقياس أصغر. والمقياس القرصى المدرج تكون فترات المقياس فيه أصغر، عندما يكون طول إبرة المبين أطول. ويمكن أن تزيد الحساسية إلى أى درجة بتقليل فترات المقياس .

١-٣-٣ العلاقة بين الدقة والحساسية

يجب أن تُستخدم أجهزة قياس ذات حساسية جيدة لقياس الأجزاء بدقة. وليس من الضروري أن تكون أجهزة القياس ذات الحساسية الجيدة - ذات دقة جيدة .

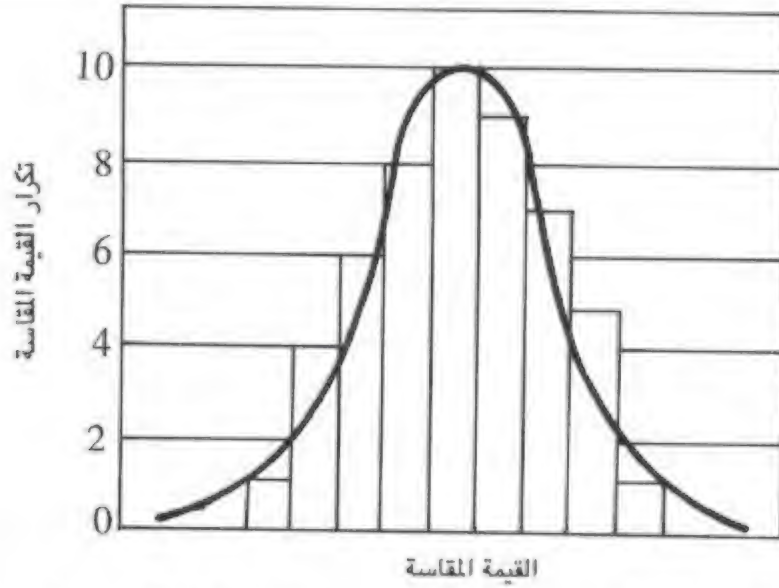
وعلى سبيل المثال ، إذا كانت الحساسية ليست بالضرورة عالية بالمقارنة مع دقة جهاز القياس ، تنحرف إبرة المبين بدرجة كبيرة مسببة عدم استقرار البيان ، وتتشتت القيم المقاسة بشدة . ويصبح مدى القياس ضيقاً، ويكون جهاز القياس صعباً . ولذلك ، يجب أن يكون لأجهزة القياس حساسية تناسب دقتها .

١-٤ معالجة القيم المقاسة Treatment of Measured Values

١-٤-١ القيمة المتوسطة والانحراف المعياري

Mean Value and Standard Deviation

يمكن حساب القيم الأكثر دقة من القيم المقاسة ذات التشتتات (الانتشار) كما في الشكل ١ - ١٠ ، عن طريق حساب القيم المتوسطة للأخطاء العرضية .



الشكل ١- ١٠ التشتت (الانتشار) Dispersion في القيمة المقاسة

فاذا كانت القيم المقاسة X_1, X_2, \dots, X_n ، وكان عدد هذه القيم هو n ، فإنه يمكن التعبير عن القيمة المتوسطة \bar{X} باستخدام المعادلة التالية :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1-4)$$

وتتشتت القيم المقاسة X_1, X_2, \dots, X_n على الجانب الأيمن والأيسر للقيمة المتوسطة . ويستخدم الانحراف المعياري كمعيار يبين درجة التشتت . فإذا كان الانحراف المعياري صغيراً ، تكون الأخطاء العرضية صغيرة .

ويحسب الانحراف المعياري σ بالمعادلة التالية :

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \end{aligned} \quad (1-5)$$

١-٤-٢ الرقم المعنوي Significant Digit

يعبر بشكل عام، عن القيم المقاسة بقيم عددية . غير أن معاني التعبير عن القيم المقاسة بالقيم العددية والقيم العددية الرياضية تختلف .

* فعلى سبيل المثال، فإن القيمة العددية 12.5 تعنى رياضياً القيمة «...12.5000». إلا أنه ، إذا كانت القيمة المقاسة \checkmark ، والتي تم الحصول عليها من قراءة القيمة العددية الأقل من 1 مم ، بالعين ، هي 12.5 مم (لطول جزء ما) باستخدام مقياس خطي بتدريج 1 مم ، فإن المعنى الذي تعبر عنهم \checkmark هو أن 12.55 مم $\checkmark < \leq$ 12.45 مم.

وإذا كانت القيمة المقاسة \checkmark ، التي تم قياسها باستخدام جهاز قياس آخر هي 12.50 مم ، فإن المعنى الذي تعبر عنه \checkmark هو أن 15.505 مم $\checkmark < \leq$ 12.495 مم.

وكما هو مذكور أعلاه ، فإن الأماكن الأخيرة للأرقام «5» و «0» (صفر)، في القيم 12.5 و 12.50 تحتوي أخطاء ، ولكن لها بعض المعاني . وبالنسبة للقيم العددية التي تعبر عن القيم المقاسة، يكون للأعداد، باستثناء الصفر، معنى يبين الوضع، وتسمى الأرقام المعنوية .

* ويكون عدد الأرقام المعنوية في العدد «12.5» هو ثلاثة أماكن (خانات)، بينما في العدد «12.50» هو أربعة . ويكون عدد الأرقام المعنوية ثلاثة إذا ما كتبنا العدد 12.5 على صورة 0.0125 متر . بينما إذا كتب على صورة «12500 ميكرومتر» ، فيكون عدد الأرقام المعنوية خمسة . وإذا كان عدد الأرقام المعنوية ثلاثة أماكن (خانات) ، يجب أن يكتب « 125×10^2 ميكرومتر» أو « 1.25×10^4 ميكرومتر» .

تمرين ١

ما هو عدد خانات الأرقام المعنوية للقيم المقاسة التالية ؟

2.50×10^4 (٣)	50.00 (٢)	987 (١)
	0.00164 (٥)	0.1005 (٤)

تمرين ٢

بين مدى القيم المقاسة التالية .

120 (٣)	1.340 (٢)	12.543 (١)
	0.01050 (٥)	0.023 (٤)

تمرين ٣

اكتب القيم المقاسة التالية على شكل $N \times 10^n$ بعد وضع النقطة العشرية على يمين الأرقام المعنوية ذات الموضع الأول .

0.000000789 (٢)	0.00314 (١)
8350 (٤)	12.3×10^{-3} (٣)

٣-٤-١ حسابات الجمع والطرح

Addition and Subtraction Calculations

عندما تجمع وتطرح القيم المقاسة في العمليات الحسابية ، احسب إلى مكان واحد تحت آخر موضع للقيمة المقاسة ذات الخطأ الأكبر . ثم اعمل تقريب للمكان الأخير .

* وكمثال، فى العملية الحسابية

$$184 + 152.6 - 1.478 = 335.122$$

فى حساب القيم المقاسة ، يكون الموضع الأخير للقيمة المقاسة 184، ذات الخطأ الأكبر، هو موضع خانة الأحاد، ويتم تقريب القيمة المقاسة الأخرى بحيث يصبح آخر مكان لها هو أول موضع تحت خانة العشري، ثم يتم القيام بعمل حسابات الجمع والطرح كما يلي:

$$335 = 335.1 = 1.5 - 152.6 + 184$$

وعلى ذلك ، تصبح القياسات مثالية بإنتقاء جهاز قياس يعطى القيم المقاسة بعد ضبط مكان الموضع الأخير، عند الحاجة إلى حسابات جمع وطرح .

تمرين ٤

إذا تم وضع جزء تزن كتلته 59.5 كجم فى صندوق كرتون
يوزن 1.234 كجم ، ثم وضع فى طائفة . ماهي الكتلة الكلية ؟
(الإجابة : 60.7 كجم)

١-٤-٤ حسابات القسمة والضرب

Division and Multiplication Calculations

عند إجراء عمليات القسمة أو الضرب، يتم الحساب بحيث يصبح عدد أماكن الأرقام المعنوية أكبر بواحد من عدد أماكن أقل قيمة عددية . وتضبط الأرقام المعنوية لنفس الدرجة بتقريب القيمة العددية للمكان .

* مثال : فى العملية الحسابية الرياضية $12.3 \times 4.5 = 55.35$

فى حسابات القيم المقاسة، تتغير هذه إلى:

$$12.3 \times 4.5 = 55.35 \approx 55$$

لتنضبط مع عدد أماكن 4.5 ، والتي لها أرقام معنوية ذات مكانين .

ومن الواضح أن عمليات القسمة والضرب لمكانين وأربعة من الأرقام المعنوية هي مضيعة للوقت ، ويتم تقريب القيمة العددية ذات الأربعة خانات لحساب الأرقام المعنوية ذات الخانتين وثلاثة خانات.

ويمكن التعبير عن العلاقة بين الأخطاء فى حسابات الضرب، كما تعلمنا سابقاً، بالمعادلات التالية، بافتراض أن الخطأ فى القيمة المقاسة a هو Δa ، وأن الخطأ فى القيمة المقاسة b هو Δb ، وأن حاصل ضرب a ، b هو c ، وأن خطأ حاصل الضرب c هو Δc .

$$c + \Delta c = (a + \Delta a) \times (b + \Delta b)$$

وبافتراض أن $c = ab$ ، وبإهمال حاصل ضرب الكميات الصغيرة جداً Δa .

Δb ، يمكن الحصول على مايتى :

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

وعلى ذلك فإن :

(١) نسبة الخطأ فى نتائج الضرب تساوى مجموع نسب الخطأ للقيم المقاسة .

(٢) تقليل نسب الخطأ فى نتائج الضرب لا يؤثر كثيراً، حتى فى حالة تقليل نسبة

الخطأ لإحدى القيم المقاسة فقط .

(٣) تكون تأثيرات القياسات عالية ومرغوبة إذا ما وضعت نسب الخطأ للقيم المقاسة المختلفة في نفس الدرجة .

ويمكن تطبيق ماسبق على عمليات القسمة أيضاً .

تمرين ٥

احسب ما يأتى بافتراض أن القيم العددية التالية هي قيم مقاسة .

$$(١) \quad 2.62 + 3.716 + 482.6$$

$$(٢) \quad 24.6 \times 12.34$$

$$(٣) \quad 5.73 \div \pi \quad (\text{حيث } \pi = 3.14)$$

(الإجابة : (١) 488.9 (٢) 304 (٣) 1.82)

عند قياس أطوال الأجزاء المراد قياسها باستخدام مسطرة ، تسمى طريقة الحصول على القيم المقاسة لهذه الأجزاء مباشرة باستخدام أجهزة قياس ، القياس المباشر وكما فى حساب الحجم بقياس الطول ، فإن الطريقة المباشرة لقياس عدة كميات ، ذات علاقات معينة مع الكميات المقاسة لاشتقاقها بالحسابات ، تسمى بالقياس غير المباشر .

١-٤-٥ تقريب القيم Rounding of Values

فى حالة الحصول على قيم مقاسة بقياسات غير مباشرة ، تستخدم حاسبة الكترونية أو وسائل أخرى أحياناً للتعامل مع القيم العددية ، التى لها أماكن أكثر من اللازم ولتقريب القيم العددية إلى أرقام معنوية بعدد معين من الأماكن ، تستخدم الطريقة الموضحة فى الشكل ١ - ١١ .



مثال : حالة تقريب عدد من 5 أرقام الى عدد معنوي من 3 أرقام

قرب العدد إلى أسفل إذا كان أقل من 4

مثال : $12.849 \rightarrow 12.8$

قرب العدد إلى أعلى إذا كان أكبر من أو يساوي 6
وإذا كان يساوي 5 والرقم التالي له لا يساوي صفر

مثال : $3.2468 \rightarrow 3.25$ $3.2451 \rightarrow 3.25$

اتبع ما يلي : إذا كان العدد هو 5 والرقم الذي يليه هو صفر :

١- قرب العدد إلى أسفل إذا كان العدد قبل الرقم زوجياً

٢- قرب العدد إلى أعلى إذا كان العدد قبل الرقم فردياً

مثال : $1.3450 \rightarrow 1.34$ حالة - 1
 $5.2350 \rightarrow 5.24$ حالة - 2

الانتباه عند
التقريب

يجب أن يقرب العدد الأصلي بالكامل كخطوة أولى باستخدام هذه الطريقة . فمثلاً يتم تقريب العدد 5.346 إلى 5.3 في شكل رقم معنوي من رقمين ، ولكن لا يقرب إلى 5.346 $\rightarrow 5.35$ $\rightarrow 5.4$

أرجع الى 1961 8401 Jisz

الشكل ١ - ١١ تقريب القيم العددية Numerical Values

تمريعات

- ١ - هات أمثلة للطريقة الصفرية وطريقة الانحراف للقياس وشرح خصائصهما.
- ٢ - هات أمثلة لطرق القياس التناظرية والرقمية وشرح خصائصهما.
- ٣ - احسب نسب الخطأ فى النسب التالية . وأى طريقة منها لها دقة قياس أكبر؟
(١) قياس طول تلميذ هو 165 ± 0.5 سم .
(٢) قياس مسافة جري للمعب رياضى 100 ± 0.05 م .
(الإجابة : $\pm 0.3\%$ ، $\pm 0.05\%$)
- ٤ - تم محاولة بناء عمود بقطر 30.00 مم، ولكن القطر أصبح 29.98 مم على الطبيعة . ماهو الخطأ ونسبة الخطأ لهذا العمود؟
(الإجابة : - 0.02 مم ، - 0.07%)
- ٥ - إذا استخدم 3.14 للتعبير عن الثابت الدائرى π ، فما هي نسبة الخطأ ؟
$$3.1415926356 = \pi$$

(الإجابة : - 0.05% ، أي - 1/20 %)
- ٦ - اذكر أنواع الأخطاء وشرح أسباب حدوثها .
- ٧ - عرف الحساسية والدقة لأجهزة القياس وشرحهما باختصار .
- ٨ - اشرح المزايا والعيوب عند زيادة حساسية أجهزة القياس .
- ٩ - اشرح خصائص الأخطاء العرضية .

الفصل الثاني

استخدام أجهزة قياس الطول INSTRUMENTATION OF LENGTH

٢-١ وحدات الأطوال ومعاييرها

Units of Lengths and their Criteria

المتر (ويرمز له بالرمز م) هو الوحدة الأساسية للأطوال . ولقد تم تعريفه منذ 200 سنة مضت ، وبعد ذلك تم وضع المتر القياسي الدولي . ومنذ ذلك الوقت ، تقدمت تقنية استخدام أجهزة القياس والتشغيل ، واستعمل معيار الموجة الضوئية للوصول إلى حدود الدقة ، حيث كان المعيار الأصلي هو المعيار الخطي (المقياس الخطي) ، وكذلك لتجنب التغيرات الناتجة مع الزمن . ونتيجة للتقدم الحديث في تقنية الليزر ، فقد تقرر استعمال «سرعة الضوء في الفراغ \times الزمن» كمعيار للطول باستخدام الأطوال الموجية لأشعة الليزر ، التي تتفوق في الدقة ، والاتزان ، وإعادة إنتاجها كمعيار عملي (أنظر الشكل ٢ - ١) .

في المصانع الحالية ، لا يمكن قياس الأطوال عن طريق سرعات الضوء ، وتستعمل المعايير الخطية والطرفية المختلفة كمراجع ثانوية للأطوال .

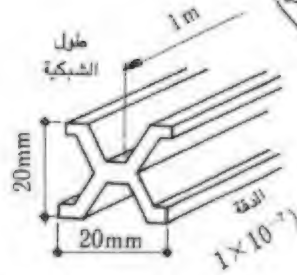
(١) المعيار الخطي Line Standard : يبين الأطوال القياسية عن طريق المسافات المحفورة بين شبكة خطوط على السطح .

(٢) المعيار الطرفي End Standard : يبين الأطوال القياسية والزوايا عن طريق المسافات أو المواضع بين حافتين .



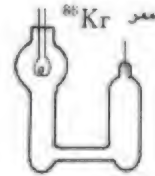
(١) اجعل حجم الأرض
قياسياً

إدخال النظام المتري
عام ١٧٩٥ (فرنسا)



(٢) متر قياسي دولي
- تقرير تعريف المتر ١٨٧٥
- في عام ١٨٨٣ أدخلت اليابان
هذا التعريف

(٣) معيار عوجة الضوء
- طولها يساوي 1650763.73 مرة كطول
موجة خط طيف برتقالي في الفراغ ، ينبعث
من ذرة كrypton ⁸⁶Kr
- المؤتمر الدولي الحادي عشر للموازين والمقاييس
١٩٦٠

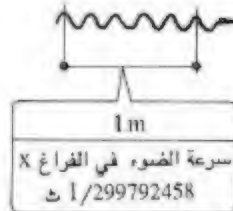


(٤) (4 x 10^-9 الدقة)

مرجع سرعة الضوء

سرعة الضوء × الزمن

شعاع ليزر



(1 x 10^-10 الدقة)

- المؤتمر الدولي السابع عشر للموازين والمقاييس ١٩٨٤
- سرعة الضوء هي 299792458 م / ث

الشكل ٢ - ١ معيار الطول

٢ - ١ - ١ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الخطي

Secondary Reference by Line Standard

تستعمل المقاييس المعيارية والقدمة ذات الورنية كأجهزة قياس بسيطة للأطوال بدقة جيدة نسبياً في المصانع .

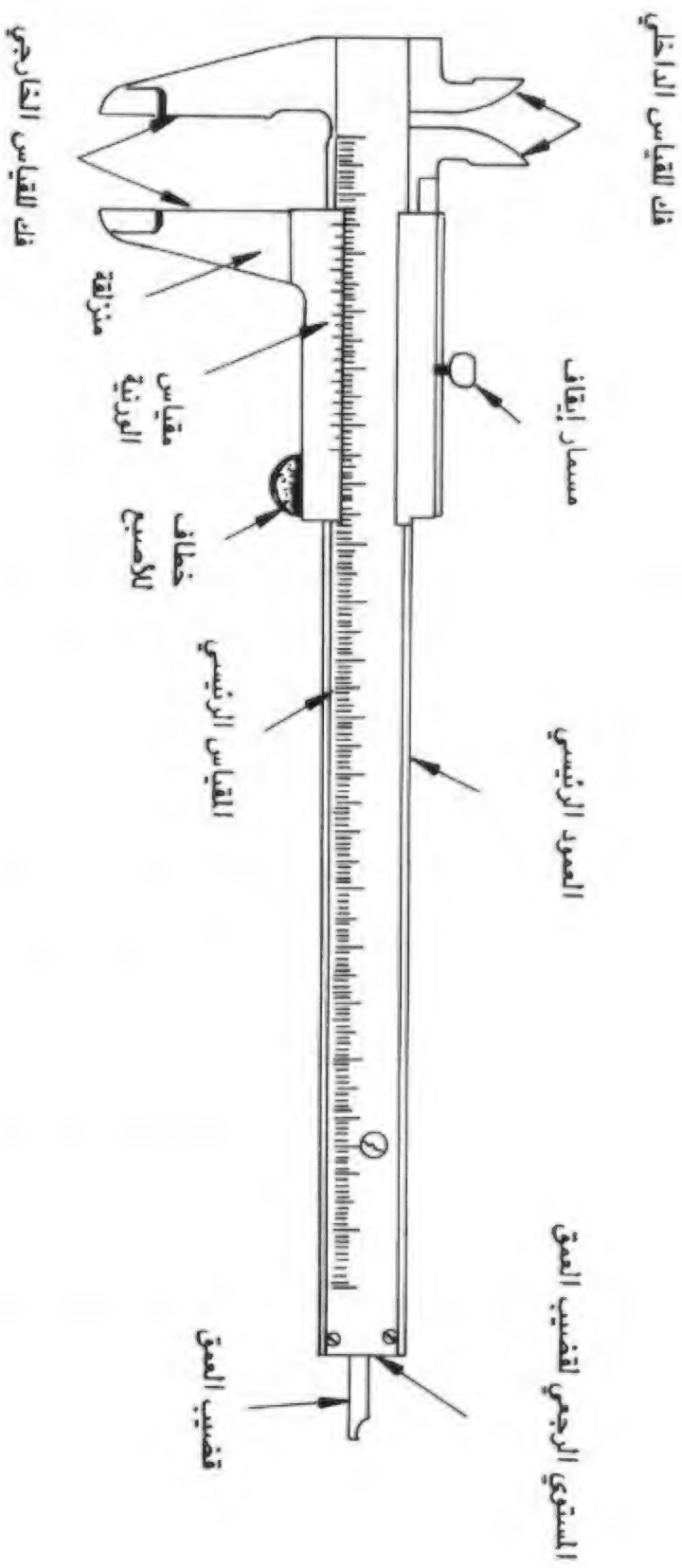
[١] القدمة ذات الورنية Vernier Caliper

هي أحد أنواع قدمات القياس التي تستعمل لقياس الأبعاد الخارجية والداخلية والأعماق ، وهي تستخدم بكثرة في المصانع وأماكن أخرى . وفي المواصفات الصناعية اليابانية (JIS) ، توجد الأنواع M (انظر الشكل ٢-٢) و CM . وهي ذات ورنية لقراءة كسور مقياس القدمة بدقة .

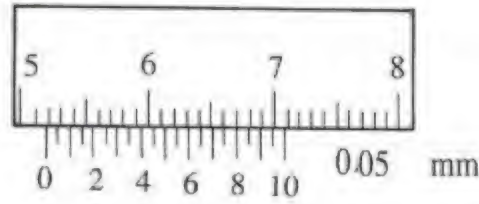
وبشكل عام ، تقوم الورنيات بتقسيم عدد $(n - 1)$ من فترات القياس على القدمة ، إلى n من الأقسام بالتساوي . ويبين الشكل ٢ - ٣ كيفية قراءة الورنية .

[٢] المقياس المعياري Standard Scale

المقياس المعياري له مقطع على شكل "H" (انظر الشكل ٢-٤) أو مستطيل . والمقياس المعياري عبارة عن مقياس خطي ذي دقة جيدة ، محفور مقياس على جانبه المتعادل . وللقراءة ، يستعمل مجهر أو النوع الاسطواناني لتكبير المقياس ضوئياً .

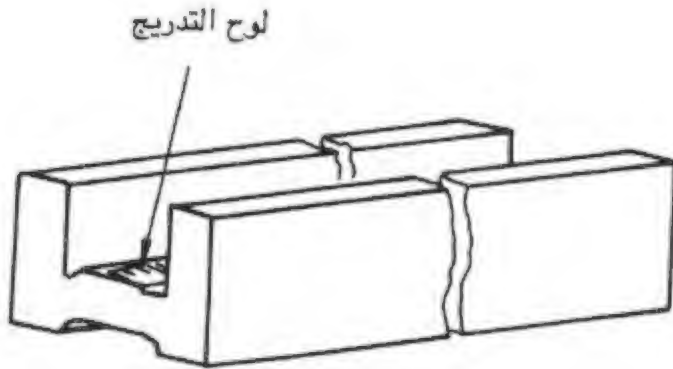


الشكل ٢-٢ مقدمة ذات ورنية (النوع M) والأجزاء المختلفة



- 1- قراءة المقياس على العمود الرئيسى -----> 51 mm
- 2- قراءة القيمة على مقياس الورنية المناظر للمقياس الرئيسى -----> 0.80 mm
- 3- القيمة المقاسة -----> 51.80 mm

الشكل ٢-٣ طريقة قراءة القدم ذات الورنية



المادة مصنوعة أساساً من الصلب والمقياس المعيارى يستخدم في آلة قياس الطول الضوئية وهو مصنوع من الزجاج . ويتقارب معامل التمدد الطولي له مع ذلك للصلب .

الشكل ٢-٤ المقياس المعيارى

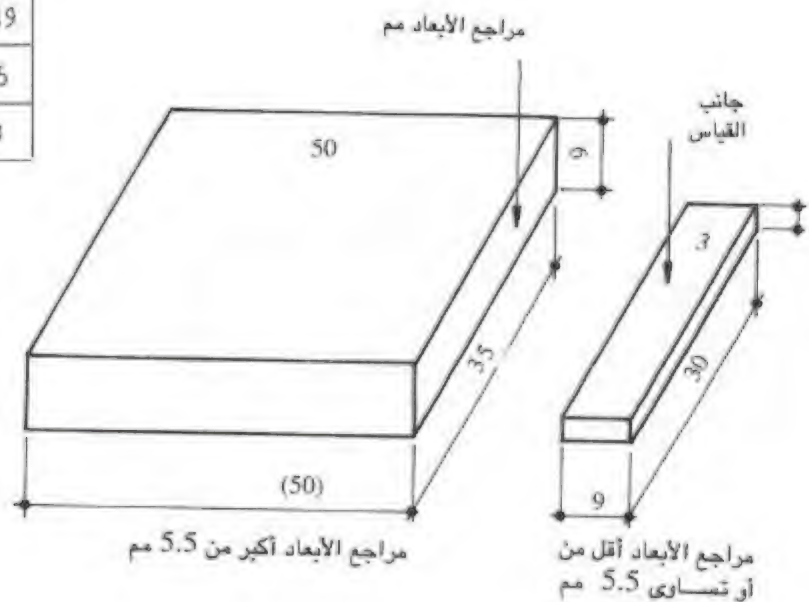
٢-١-٢ المرجع الثانوي باستخدام المعيار الطرفي

Secondary Reference by End Standard

[١] قالب القياس المعياري Block Gauge

تستخدم قوالب القياس المعيارية في المصانع وأماكن أخرى كمرجع للأطوال ، وهي تصنع من الصلب المقسى وكما يتضح في الشكل ٢-٥ ، يكون جانب القياس على شكل مستطيل . والأحجام الاسمية هي الأطوال المختلفة وقد تم تجليخ وتحضين أسطح الحافتين اللتين تحددان البعد الاسمي .

العدد	مرحلة الأبعاد	مراجع الأبعاد mm [mm]
1	—	1.005
49	0.01	1.01, 1.02, ..., 1.49
49	0.5	0.5, 1.0, ..., 24.5
4	25	25, 50, 75, 100



الشكل ٢-٥ أشكال وأبعاد مجموعة من 103 قالب قياس معياري

وقد تم تشطيب التوازي والتسطح والمسافات بدرجة ضبط خاصة عالية. وكما فى الجدول ١-٢ ، يقسم الـ JIS قوالب القياس المعيارية إلى أربع درجات ، وهذه الدرجات هى 0, 00, 1, 2 لتحديد درجة الضبط. وتستعمل الدرجة 00 أساسا كمراجع ، والدرجات 0, 1 لاختبار درجة الضبط وكذا ضبط المقاييس وأجهزة القياس، بينما تستخدم الدرجة 2 للفحص والتشغيل فى المصانع .

تستعمل قوالب القياس المعيارية فى تجميعات من 76, 103, 112 وأعداد أخرى لتناسب الاستخدامات المختلفة .ويمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بجعل حافاتها فى تلامس محكم . وعلى ذلك ، يمكن تجميع قوالب القياس المعيارية بطرق مختلفة للحصول على عدد كبير جدا من مراجع الأبعاد .

* يمكن أن تعطي مجموعة من 103 قالب قياس معياري مراجع أبعاد لأى أطوال بين 2 مم و 900 مم تقريبا على فترات مقدارها 0.005 مم .

ويمكن أن تستعمل قوالب القياس المعيارية بالتجميع مع الأجهزة المساعدة المختلفة فى تحديد المواضع وتخطيط الأبعاد بواسطة معدات قياس درجة الضبط ، وكذلك فى تصحيح واختبار أجهزة القياس، وفى فحص المنتجات، وكمقاييس طرفية باستخدام الأجهزة المكملة لها . ويمكن أن تستخدم فى تطبيقات واسعة جداً .

A : تفاوت الأبعاد (+)
(أكبر من 100 يحذف)

B : تفاوت التوازي
(الوحدة : ميكرومتر)

الدرجة 2		الدرجة 1		الدرجة 0		الدرجة 00		الدرجة	المراجع البعيدة مم
A	B	A	B	A	B	A	B		
± 0.45	0.30	± 0.20	0.16	± 0.12	0.10	± 0.06	0.05	من 10 إلى 0.5	
± 0.60	0.30	± 0.30	0.16	± 0.14	0.10	± 0.07	0.05	من 25 إلى 10	
± 0.80	0.30	± 0.40	0.18	± 0.20	0.10	± 0.10	0.06	من 50 إلى 25	
± 1.00	0.35	± 0.50	0.18	± 0.25	0.12	± 0.12	0.06	من 75 إلى 50	
± 1.20	0.35	± 0.60	0.20	± 0.30	0.12	± 0.14	0.07	من 100 إلى 75	

(إرجع إلى JIS B 7506 - 1978)

المجلد ٢-١ تفاوتات الأبعاد والتوازي لقوالب القياس المعيارية

تمرين ١

كوّن البعد 61.025 مم باستخدام مجموعة الـ 103 قالب قياس معياري .
(قم بعملية التجميع بأقل عدد من قوالب القياس المعيارية بالتتالي، بدءاً بأعداد الأماكن الأقل).

٢-٢ الأخطاء في قياس الطول

لقد تعلمنا مما سبق ، أن الأخطاء تحدث عندما تتداخل أسباب مختلفة . ويمكن تقليل الأخطاء بتفهم أسباب حدوثها وخصائصها ، وينطبق هذا على قياس الأطوال أيضاً .

١-٢-٢ أخطاء أجهزة القياس

[١] تأثيرات الحرارة Effects by Temperature

يتأثر قياس الطول كثيراً بدرجة الحرارة أثناء القياس ، ويجب أن تتم مراقبة درجة الحرارة بعناية واهتمام .

فتتمدد الأجسام أو تنكمش على حسب التغيرات في درجة الحرارة . وبفرض أن التغير في درجة الحرارة هو Δt ، وأن استطالة الجزء ذي الطول l هو Δl ، وأن معامل التمدد الطولي هو α ، يمكن التعبير عن الاستطالة بالمعادلة التالية :

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (2-1)$$

وتحدد الـ JIS درجات الحرارة القياسية بـ 20°م ، 23°م و 25°م . وعادة يفضل إعداد غرفة خاصة ذات درجة حرارة معيارية لاستخدامها في عمليات القياس بدرجة دقة جيدة .

* ويمكن ضبط درجة حرارة ورطوبة الغرفة لتكون ثابتة أوتوماتيكياً، تبعاً للحالة القياسية .

[تعين الـ JIS Z 8703 - 1983، الحالة القياسية كما يلي : درجة الحرارة القياسية 20 °م، 23 °م، 25 °م، والرطوبة القياسية بـ 50 أو 65٪ ، والضغط الجوي القياسي بـ 86 kPa (0.849 جوي) أو أعلى و 106 kPa (1.046 جوي) أو أقل] .

ويمكن حساب طول الجزء l_s المطلوب قياسه عند درجة الحرارة القياسية باستعمال المعادلة التالية، إذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري أو الجزء المطلوب قياسه ليست هي درجة الحرارة القياسية (بافتراض أنها t_0 درجة مئوية).

$$l_s = l \{ 1 + \alpha_s (t_s - t_0) - \alpha (t - t_0) \}$$

حيث α_s : معامل التمدد الطولي للمقياس المعياري [10^{-6} م^{-1}] .

α : معامل التمدد الطولي للجزء المطلوب قياسه [10^{-6} م^{-1}] .

t_0 : درجة الحرارة القياسية (20 °م، 23 °م، 25 °م) .

l : طول الجزء المطلوب قياسه عند t [م^0] .

t_s : درجة حرارة المقياس المعياري [م^0] .

t : درجة حرارة الجزء المطلوب قياسه [م^0] .

وفي حالة تساوي معاملي التمدد الطولي للمقياس المعياري والجزء المطلوب قياسه ستكون النتيجة $l_s = l$ ، ولن يحدث خطأ نتيجة درجة الحرارة، عند إجراء القياسات عند نفس درجة الحرارة ، حتى ولو لم تجر القياسات عند درجة حرارة قياسية. وعلى ذلك ،

يجب أن يكون المقياس المعيارى الذى يستخدم مع جهاز القياس مصنوعاً من مادة لها معامل تمدد طولى يساوى مثيله للجزء المطلوب قياسه ، بقدر الإمكان .

تمرين ٢

عند استخدام قوالب قياس معيارية ذات بعد إسمى 100 مم
(معامل التمدد الطولى هو $11.5 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{م}^{-1}$) ، زادت درجة
الحرارة من 20°م إلى 25°م نتيجة حرارة اليد . ماهو البعد الجديد ؟
(الإجابة : 100.00575 مم)

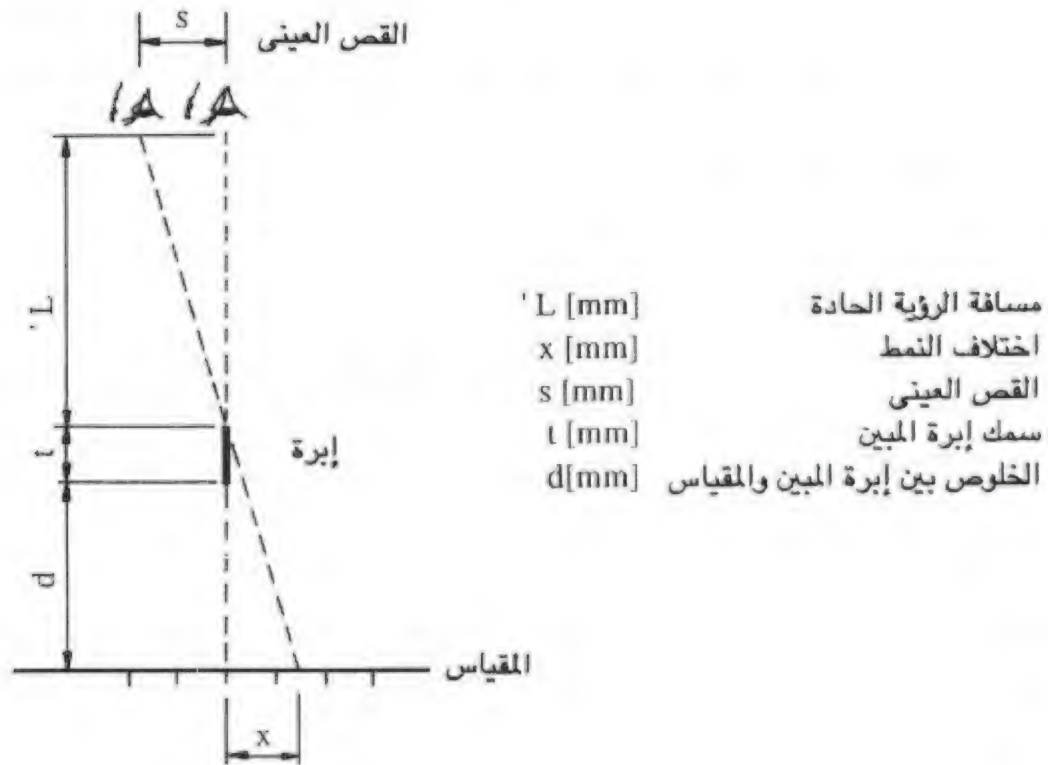
[٢] الفرق التخلفي Hysteresis Difference

أحيانا تختلف القيمة المقاسة من الوقت الذى تم فيه تحريك عنصر القياس فى اتجاه
زيادة قراءة المقياس (ذهاب) إلى الوقت الذى تم فيه تحريك عنصر القياس فى اتجاه
تناقص قراءة المقياس (إياب/ عودة/ رجوع) فى حالة قياس نفس الجزء وتنتج أسباب الفرق
التخلفي من احتكاك الأجزاء المتحركة ، والمسافة الارتجاعية (الخلوص الصغير بين
العناصر المتوافقة لتجعل دوران العجلات المسننة والمسامير المسننة ... الخ ، ناعماً) للعجلات
المسننة أو المسامير المسننة .

[٣] اختلاف المنظر Parallax

تحدث أخطاء القراءة أحيانا تبعاً لوضع العين عند الحصول على القيم المقاسة من
الكميات المتحركة لإبرة المبين ، التى تتحرك على قرص المقياس. يسمى هذا اختلاف المنظر

. وينتج بسبب عدم وجود المقياس وإبرة المبين على نفس المستوى، كما في الشكل ٦-٢ .
وتستعمل طرق متعددة لتحاشي اختلاف المنظر. وعلى سبيل المثال ، إحدى الطرق
المستخدمة لقراءة المقياس هو أن تقرأ في موضع ، بحيث تكون إبرة المبين وصورتها
المسقط على مرآة متطابقتين، (باستخدام مرآة) .



الشكل ٦-٢ اختلاف المنظر

* يبين الشكل ٦-٢ العلاقة بين القص العيني واختلاف المنظر. ويمكن التعبير عن
اختلاف المنظر X (مم) بالمعادلة التالية :

$$X = \frac{s (t + d)}{L} \quad (2-3)$$

تمرين ٣

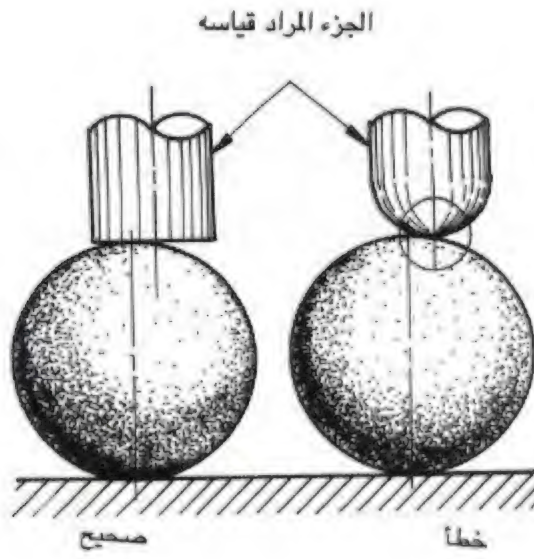
ما هو خطأ اختلاف المنظر، بافتراض أن سمك (ثخانة) إبرة المبين هو 0.5 مم، والخلوص بين إبرة المبين والمقياس هو 1 مم، والقص العينى يساوى 15 مم، ومسافة الرؤية الحادة هي 250 مم، كما فى الشكل ٦-٢.

(الإجابة : 0.09 مم)

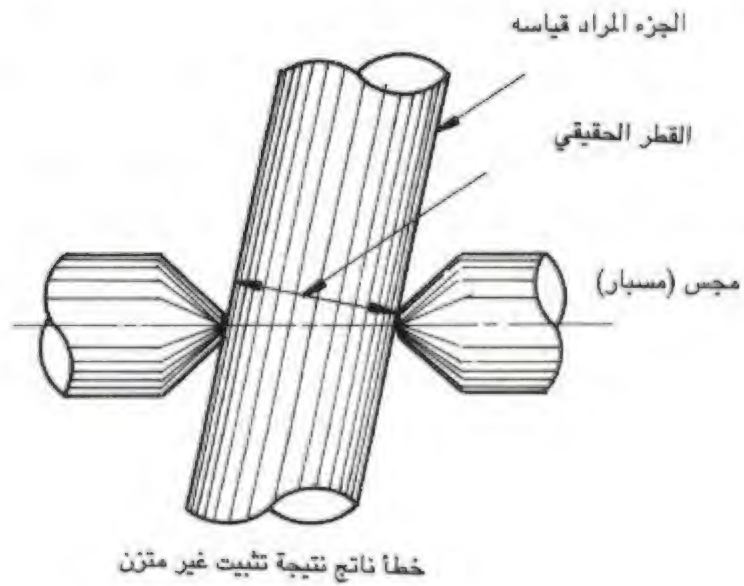
٢-٢-٢ أخطاء أجهزة القياس والأجزاء التى يتم قياسها

[١] أخطاء التلامس Contact Errors

تحدث أخطاء التلامس إذا كان شكل عنصر القياس لا يناسب شكل الجزء المطلوب قياسه، كما فى الشكل ٧-٢، أو إذا كان مسند الجزء المطلوب قياسه ضعيفاً أو غير مستقر، حتى لو كان شكل عنصر القياس مناسباً كما فى الشكل ٨-٢. ويستخدم عنصر قياس ذو حافة مسطحة إذا كان شكل الجزء المطلوب قياسه كروياً، ويستخدم عنصر قياس ذو حافة سكونية إذا كان اسطوانياً، بينما يستخدم عنصر قياس ذو حافة كروية إذا كان مسطحاً، ويمكن تحاشي أخطاء التلامس.



الشكل ٧-٢ قياس قطر كرة



الشكل ٨-٢ قياس قطر اسطوانة

[٢] تأثيرات قوة القياس Effects of Measuring Force

بشكل عام ، يتم تثبيت الجزء المطلوب قياسه بين نهاية ثابتة ونهاية متحركة (عنصر قياس) لجهاز القياس ، ويقاس الطول عن طريق مقدار إزاحة النهاية المتحركة .

وعلى ذلك ، يجب استخدام قوة على عنصر القياس لضمان تلامس الجزء المطلوب قياسه وعنصر القياس . تسمى هذه القوة قوة القياس أو ضغط القياس .

وتعمل قوة القياس التي تؤثر على عنصر القياس ، حتى ولو كانت صغيرة جداً ، كضغط كبير على نقطة التلامس لأن مساحة التلامس بين عنصر القياس والجزء المطلوب قياسه صغيرة جداً . ولهذا السبب ، يحدث تشوه مرن موضعي على مستويي التلامس ، وتكون القيمة المقاسة أقل من البعد الحقيقي ، (انظر الشكل ٢-٩) .

تمرين ٤

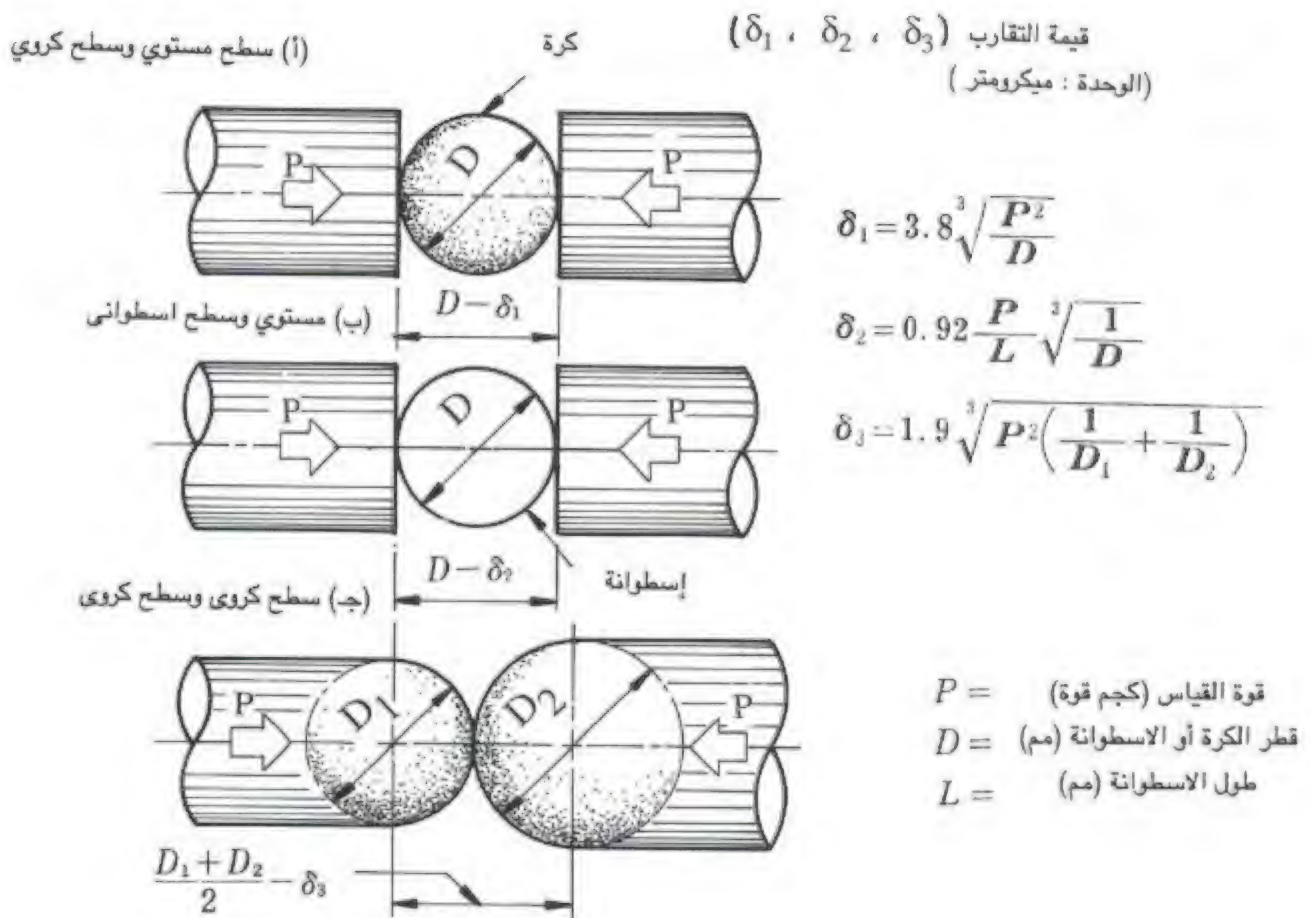
ماهي قيمة التقارب الناتج من التشوه المرن للكرة عند وضع كرة قطرها 15 مم بين مستويين ، وعندما يكون ضغط القياس المستخدم 2.5 كجم قوة؟

(الإجابة : 2.8 ميكرومتر)

[٣] التشوه الناتج من حمل ساكن (ثقل) Deformation by Dead Load

عند تثبيت جزء طويل نسبياً أو معيار على نقطتين عن طريق حواف سكين أو اسطوانات ، ينحني الجزء أو المعيار بسبب الحمل الساكن ، إذا كانت طريقة التثبيت غير

مناسبة ، وهذا يسبب خطأ . ولذا يتم تثبيت الجزء أو المعيار في وضع ، مثل ذلك بين نقطتي
بِيسِل وإيري (كما في الشكل ٢-١٠) ، لتقليل هذه الأخطاء .



الشكل ٢-٩ مقدار التقارب بواسطة تشوه مرن

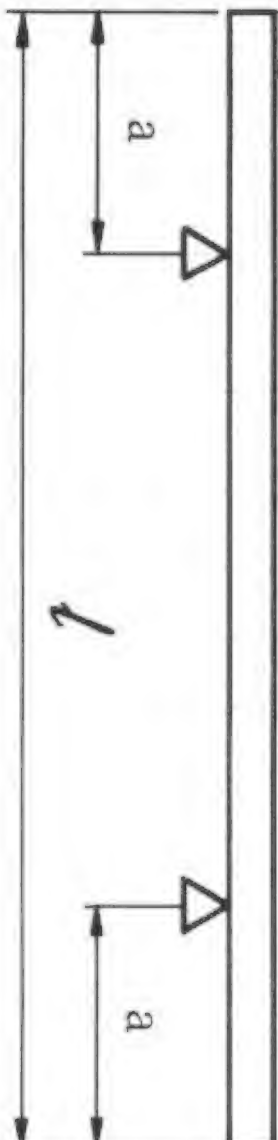
نقطة بسل : كمقياس معياري ، في حالة تثبيت معيار خطي مع مقياس على المستوى المتعاقل ، تكون نقطة بسل هي موضع نقطة

الارتكاز ، حيث يكون خطأ المسافة بين المقياسين أقل ما يمكن . إذا كان الطول الكلي هو l فإن : $a = 0.2203$

نقطة إيربي : كغالب قياس معياري أو مقياس قضيب ، عند تثبيت مقياس ذي أطراف متوازية أفقياً تكون نقطة إيربي هي موضع نقطة

الارتكاز ، حيث يصبح الطرفان رأسيين . $a = 0.2113$

* المقياس : هو المقياس الذي يبين المسافة بين سطحي الحافتين اللتين تعتبران أسطح قياس .



الشكل ١٠-٢ نقطة بسل ونقطة إيربي

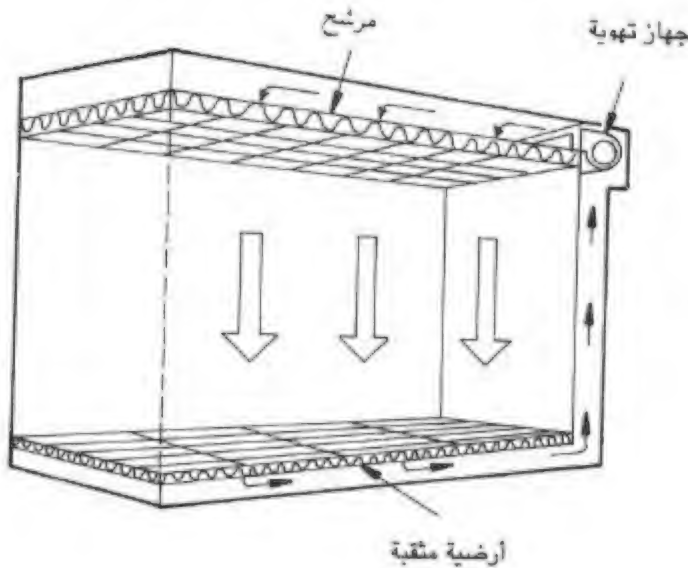
تمرين ٥

عند أي نقطة يجب تثبيت المعيار والمقياس عند قياس طول باستخدام مقياس عياري ومقياس قضيب طوله 0.5 متر ؟

(الإجابة : 110.15 ، 105.65 مم من كلتا النهايتين)

٢ - ٢ - ٣ التأثيرات الأخرى

تؤثر الذرات الدقيقة والعضوية في الهواء تأثيراً عكسياً على استخدام أجهزة القياس في الصناعات الدقيقة ، وفي الاختبارات والفحوصات في عمليات التصنيع للمكونات الالكترونية ، والأدوية ، والأغذية وفي صناعات أخرى ، وفي المستشفيات ومعامل الأبحاث . وتتطلب هذه الأماكن أجواءً محيطة نظيفة . وعلى ذلك ، تستخدم الغرف المكيفة الهواء (غرف نظيفة) المجهزة بمرشحات هواء خاصة لهذه الأغراض ، (انظر الشكل ٢-١١) .



يدفع الهواء النظيف من السقة ثم يتم تجميعه خلال الأرضية . في أكثر الحالات نظافة ، تكون هناك 100 أو أقل من الجسيمات ذات قطر أكبر من أو يساوي 0.5 ميكرومتر في القدم المكعب .
* ١ قدم = 30.48 سم
(المواصفات الوطنية الأمريكية)

الشكل ٢-١١ غرفة نظيفة

٣-٢ استخدام أجهزة القياس الميكانيكية

Mechanical Instrumentation

تقاس الأطوال بمقارنة الطول المطلوب قياسه مع طول مرجعي (وحدة طول) وتحديد عدد وحدات الطول فيها . وفي هذه الحالة ، كثيراً ما تجرى المقارنة بالتكبير أو التصغير إلى الدرجة المناسبة (درجة التكبير والتصغير) للنظر بدون مقارنة الطول المطلوب قياسه مباشرة .

٢ - ٣ - ١ استخدام المسامير المسننة والعجلات المسننة

Utilization of Screws and Toothed Wheels

[١] الميكرومتر Micrometer

يحول الميكرومتر الإزاحة الخطية إلى زاوية دوران باستعمال مسمار مسنن ، ويضخمها . يتحرك المسمار خطوة واحدة خلال لفة واحدة ، وتقدر قيمة الحركة (مم) له بالمعادلة التالية :

$$\ell = \frac{P\theta}{360} \quad (2-4)$$

حيث P : خطوة المسمار (مم) .

θ : زاوية الدوران (درجة) .

ولذلك ، تكون حركة نصف القطر r (مم) على اسطوانة هي $2\pi r$ لكل لفة من حركة خطوة واحدة للمسمار . ويمكن التعبير عن نسبة التكبير بالمعادلة الآتية :

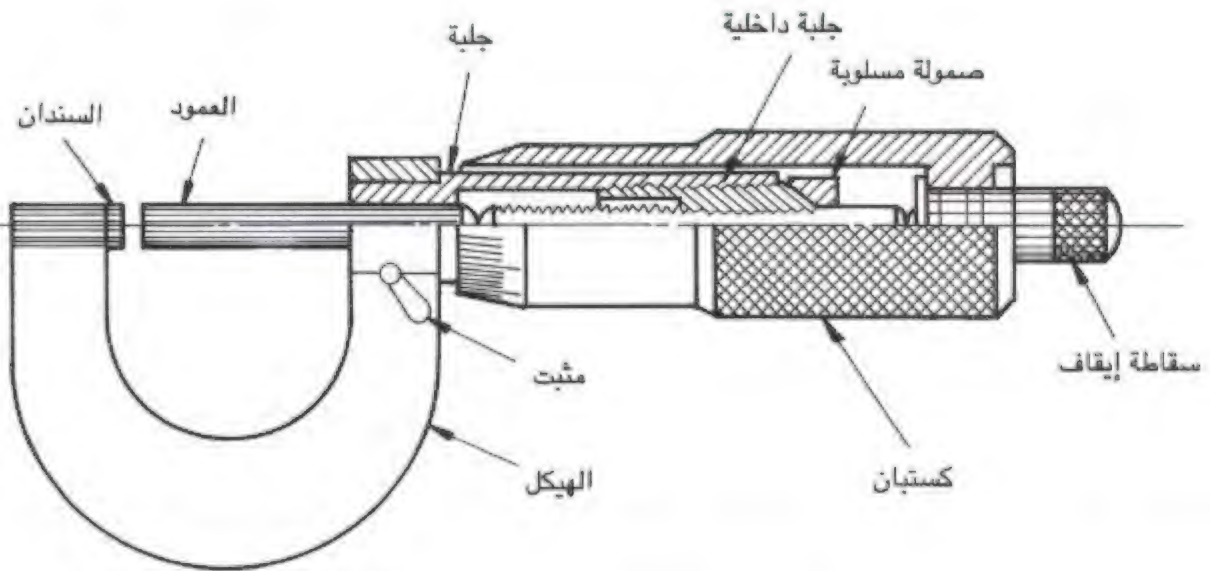
$$m = \frac{2 \pi r}{P} \quad (2-5)$$

ويبين الشكل (١٢-٢) تركيب الميكرومتر الخارجى.

وفى الشكل ، تكون خطوة المسمار 0.5 مم ، ويقسم المقياس الاسطوانى على الكستبان إلى 50 قسماً متساوياً. وعلى ذلك ، يكون كل قسم من المقياس يساوى $0.5 \times \frac{1}{50}$ أى يساوى 0.01 مم .

تمرين ٦

إذا كانت خطوة مسمار الميكرومتر 0.5 مم. فما هو نصف قطر الكستبان، إذا أردنا أن نقرأ إزاحة العمود ومقدارها 10 ميكرومتر ك 1 مم ، أى كقسم واحد من المقياس على المحيط ؟
(الإجابة: 7.96 مم)



الشكل ١٢-٢ تركيب الميكرومتر

تستعمل سقاطة إيقاف لتجعل قوة القياس ثابتة. وتضبط قوة القياس في المدى من 510 إلى 1530 جم قوة .

وتتحدد دقة الميكرومتر من توازي واستواء أسطح القياس للعمود والسندان، وبقوة القياس، وخطوة المسمار وعناصر أخرى . فتؤثر أخطاء الخطوة في الدقة كثيراً . ولهذا السبب ، يكون مدى القياس محدوداً بـ 25 مم إلى 50 مم . ويبين الجدول ٢-٢، مثالا لدقة الميكرومتر. وتنقسم أنواع الميكرومتر إلى الميكرومتر الخارجي، وهو أكثرها استخداماً لقياس القطر الخارجي ، والميكرومتر الداخلي لقياس القطر الداخلي ، وميكرومتر العمق ، وميكرومتر قياس سماكة أسنان العجلات المسننة ، وميكرومتر المسامير المسننة ، ويستخدم لقياس القطر الفعلي للمسمار، وأنواع أخرى.

(في حالة قياس أقصى طول في حدود 50 مم)
A : خطأ في الجهاز B : الخطأ الكلي

مدى القياس ① (مم)	أقصى طول للقياس (مم)	استواء قطعة القياس عدد التداخلات ②	توازي سطح القياس ③	A ④	B ⑤
25 أو أقل	50 أو أقل	2	2 (6)	± 2	± 4
50	50 أو أقل	2	2 (6)	± 4	± 6

ملحوظة : العدد في هذا الجدول عبارة عن العدد التقريبي لهُدب التداخل التي تكافئ
استواء سطح القياس

(ارجع الى JIS B 7502-1979)

- ① مدى القياس للعمود .
- ② انظر ص 59 , 60 .
- ③ انظر ص 53 , 54 .
- ④ تطرح القيمة الحقيقية من قراءة الميكرومتر .
- ⑤ يشمل جميع الأخطاء الناتجة من عدة عوامل .

الجدول ٢-٢ دقة الميكرومتر الخارجي

[٢] المقياس القرصي المدرج Dial Gauge

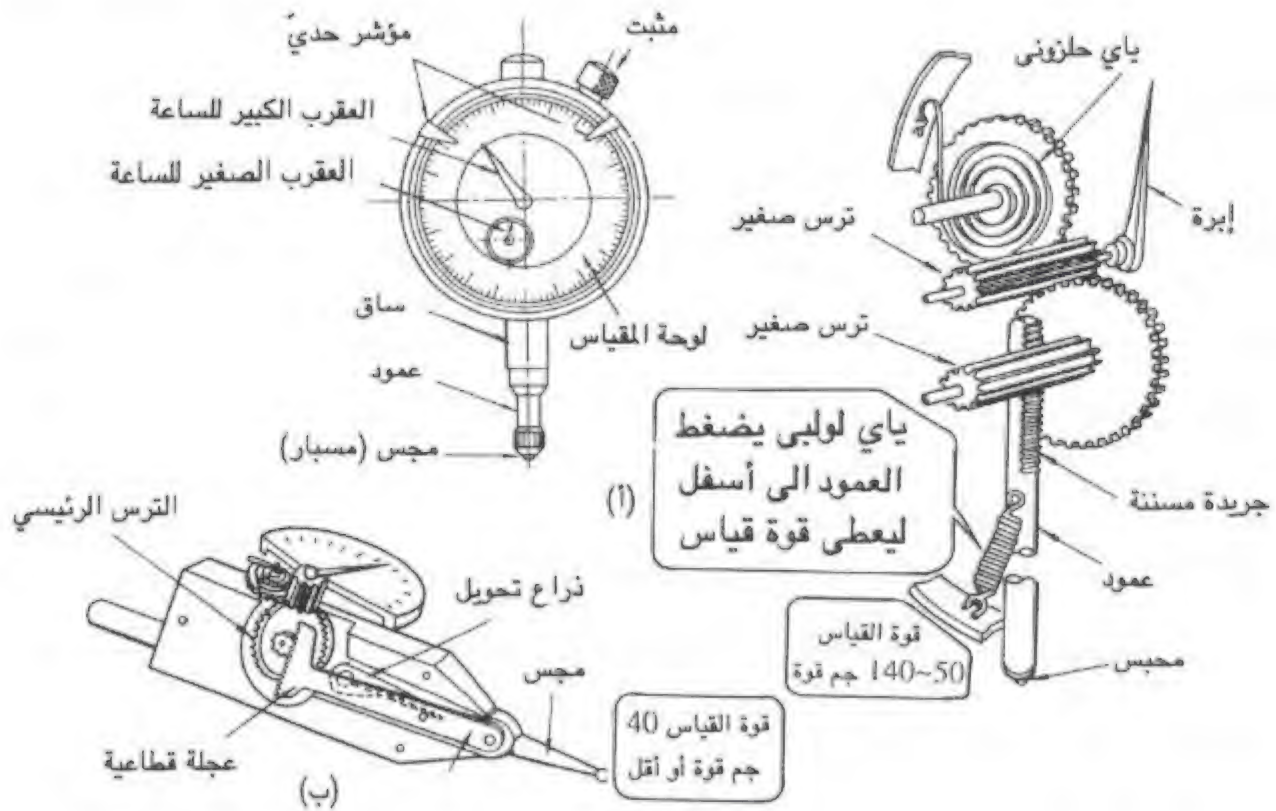
المقياس القرصي المدرج هو مقياس يبين الإزاحة الخطية لعنصر القياس بتحويلها إلى زاوية دوران مستخدماً عجلة مسننة أو ذراع ، وتكبيرها .

ويبين الشكل ٢-١٣ (أ)، المظهر الخارجى وتركيب مقياس قرصى مدرج عادى بفترات قياس 0.01 مم، بينما يبين الشكل ٢-١٣ (ب)، مقياس قرص مدرج من النوع الذى يستخدم أذرع، ويستخدم داخل ثقب صغير أو فى مكان ضيق، حيث لا يمكن استخدام المقياس القرصى المدرج العادى .

ويستخدم المقياس القرصى المدرج عجلة مسننة كآلية تكبير، وهو ذو أخطاء كبيرة نتيجة الشكل غير المنتظم للأسنان ، بالإضافة إلى أخطاء الخطوة واللامركزية .

ويكون البيان بالمقياس القرصى المدرج غير مستقر نتيجة تشوه أدوات التثبيت، أو أنه يكون معرضاً لحدوث أخطاء نتيجة وضع المقياس القرصى المدرج ، وتغيرات عناصر القياس فى اتجاه الحركة .

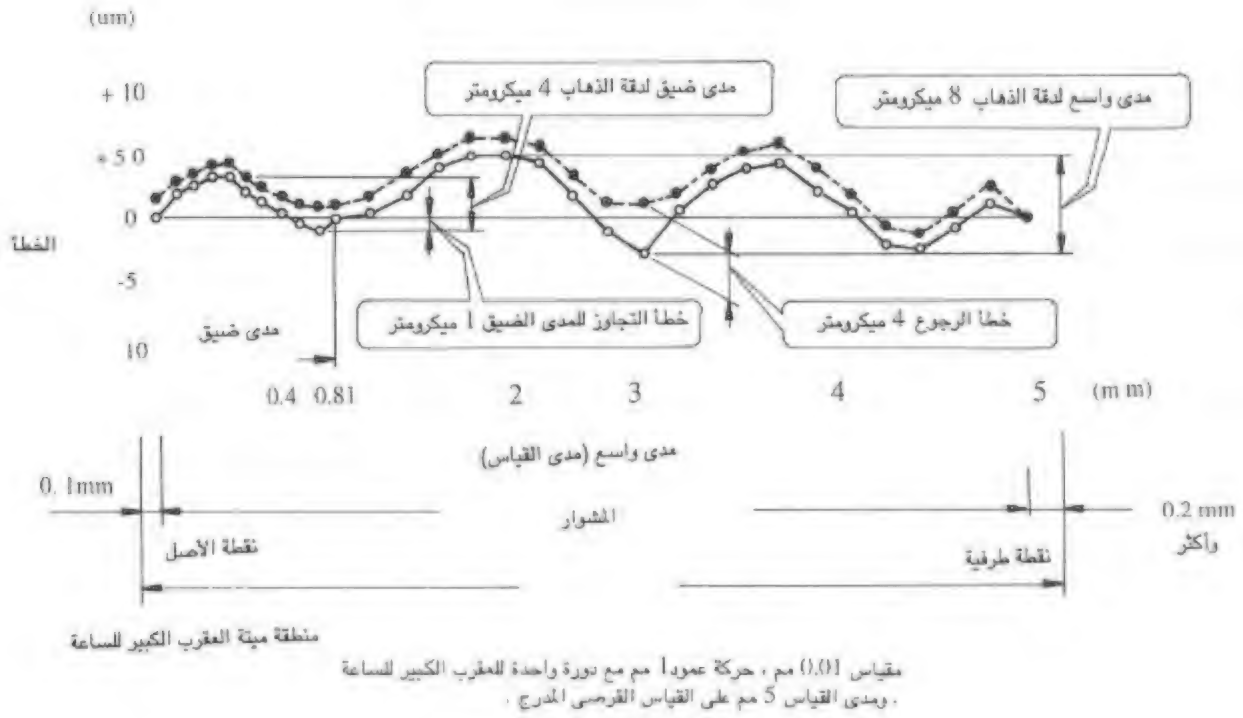
ويبين الشكل ٢-١٤، منحنى الخطأ لمقياس قرصى مدرج . ويعبر عن الدقة بالمدى الواسع (فى الذهاب) (١) والمدى الضيق (فى الذهاب) (٢) وخطأ المحاذاة (المجاورة) للمدى الضيق (٣) وخطأ الرجوع (٤) والتكرارية (٥). ويعرض الجدول ٢-٣، مثالا لدقة مقياس قرصى مدرج .



النوع	(i) مقياس قرصي مدرج بعمود		(ب) مقياس قرصي مدرج بذراع	
الزيادة	مؤشر → ترس → عمود		مؤشر → ترس → ذراع	
فترة المقياس (مم)	0.01	0.001	0.002	0.002
مدى القياس (مم)	5 , 10	1 , 2 , 5	0.5 , 0.1	0.2 , 0.21

ملحوظة : مدى القياس هو مقدار حركة المحس لكل دورة من المؤشر حالة نوع الذراع
(ارجع الى 7533-1982 , 7503-1974-7509-1974 JIS B)

الشكل ٢-١٣ المقياس القرصي المدرج



الشكل ٢-١٤ رسم بياني للخطأ في المقياس القرصي المدرج

مدى القياس (مم)	دقة المدى الواسع (الذهب) (ميكرومتر)	دقة المدى الضيق (الذهب) (ميكرومتر)	الخطأ المجاور للمدى الضيق (ميكرومتر)	خطأ الرجوع (العودة) (ميكرومتر)	التكرارية (ميكرومتر)
5	10	8	5	3	3
10	15				

ملحوظة : القيم المذكورة في الجدول عند درجة حرارة 200 °م
(إرجع الى JIS B 7503-1974)

الجدول ٢-٣ دقة المقياس القرصي المدرج (فترة القياس 0.01 مم)

٢ - ٤ استخدام أجهزة القياس الضوئية

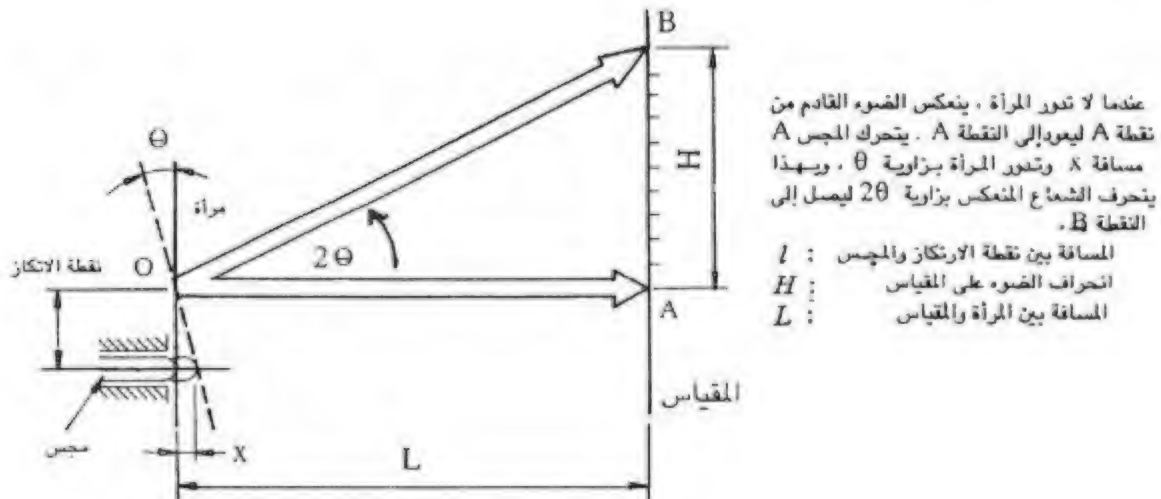
Optical Instrumentation

تتضمن طرق استخدام أجهزة القياس الضوئية تلك التي تستخدم ذراع ضوئية ، أو التي تستخدم وسيلة للحصول على أشعة متوازية من مصدر ضوء موضعي باستخدام عدسة ، أو التي تعتمد على التداخل الضوئي ، أو التي تستخدم هذه الوسائل مجتمعة مع آلية تكبير ميكانيكية . وينتشر حالياً ، استخدام أجهزة القياس التي تستخدم شعاع الليزر .

٢ - ٤ - ١ استخدام الذراع الضوئي Utilization of Light Lever

[١] الذراع الضوئي

كما يظهر في الشكل ٢-١٥ ، يستبدل الذراع الضوئي الحركة الميكانيكية للذراع بحركة شعاع ليس له قصور ذاتي، ويستخدم بكثرة لتكبير الأطوال الدقيقة بدرجة كبيرة . وفي الشكل ٢-١٥ ، تكون زاوية دوران المرآة θ (نصف قطرية) صغيرة، عندما تكون الإزاحة X صغيرة.



الشكل ٢ - ١٥ مبدأ الذراع الضوئي

حيث أن $x \approx l \theta$

و $H \equiv Lx(2\theta)$

$$H = \frac{2 \times L}{l}$$

∴ (2-6)

والمقياس الضوئي هو مقياس أطوال يطبق مبادئ الذراع الضوئي .

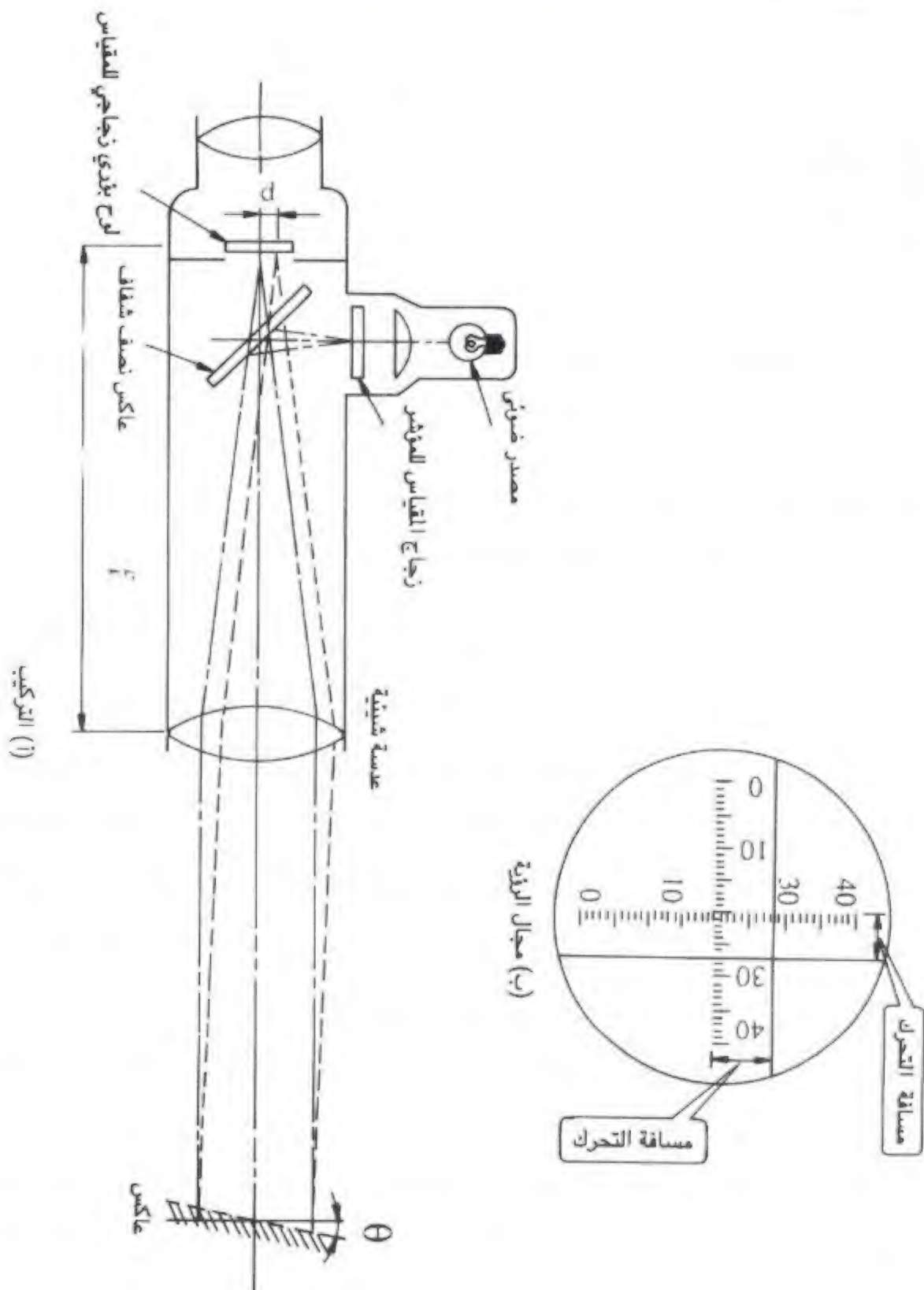
تعريف ٧

في ذراع ضوئي، كما في الشكل ٢-١٥ ، ماهو الطول L الذي يكبر إزاحة مقدارها $x = 0.01$ مم إلى $H = 10$ مم بفرض أن $l = 5$ مم .
(الإجابة: 2.5 متر)

[٢] الموازي الذاتي Autocollimator

يستخدم الموازي الذاتي للقياس ، بطرق مختلفة، مثل قياس الاستقامة والاستواء للأسطح الكبيرة نسبيا مثل دلائل أسطح الألواح وآلات التشغيل^(٦) وتوازي أوجه المقياس^(٧) والقياسات المقارنة للزوايا الدقيقة . ويبين الشكل ٢-١٦ تركيب ونطاق رؤية موازي ذاتي .

ففي الشكل ٢-١٦ (أ) ، يمر الضوء المنبعث من المصدر الضوئي خلال لوح زجاجي مقسم بشبكية محفورة ، ويصل إلى عاكس نصف شفاف^(٨) يميل 45° على محور الضوء . فيمر الضوء المنعكس خلال عدسة شبيئية ثم ينعكس ثانية على العاكس الموضوع على الجزء المطلوب قياسه، مكونا صورة شبكية على اللوح الزجاجي للمقياس البؤري المحفور عليه مقياس . وعندما يميل العاكس نتيجة إزاحة المستوى المراد قياسه ، تحرك الصورة الشبكية اللوح الزجاجي للمقياس البؤري . ويتم التعبير عن مسافة التحرك d بالمعادلة التالية :



الشكل ٢ - ١٦ تركيب ونطاق رؤية موازي ذاتي

$$d = f \tan 2\theta \cong 2 f \theta$$

(2-7)

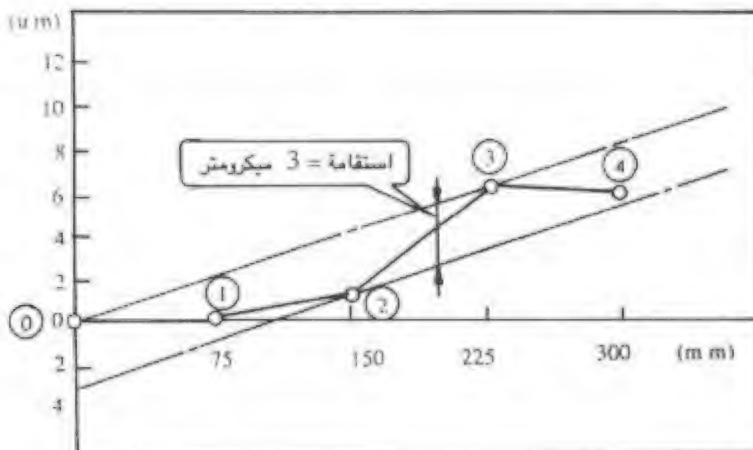
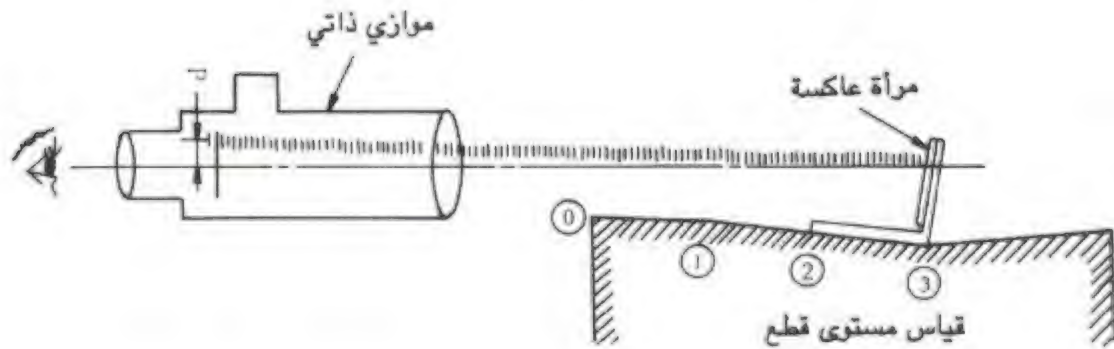
حيث f : البعد البؤري للعدسة الشيئية

θ : زاوية ميل العاكس (نصف قطرية)

وعلى ذلك ، بقياس d ، يمكن الحصول على زاوية الميل θ للعاكس .

القياس بواسطة الموازي الذاتي

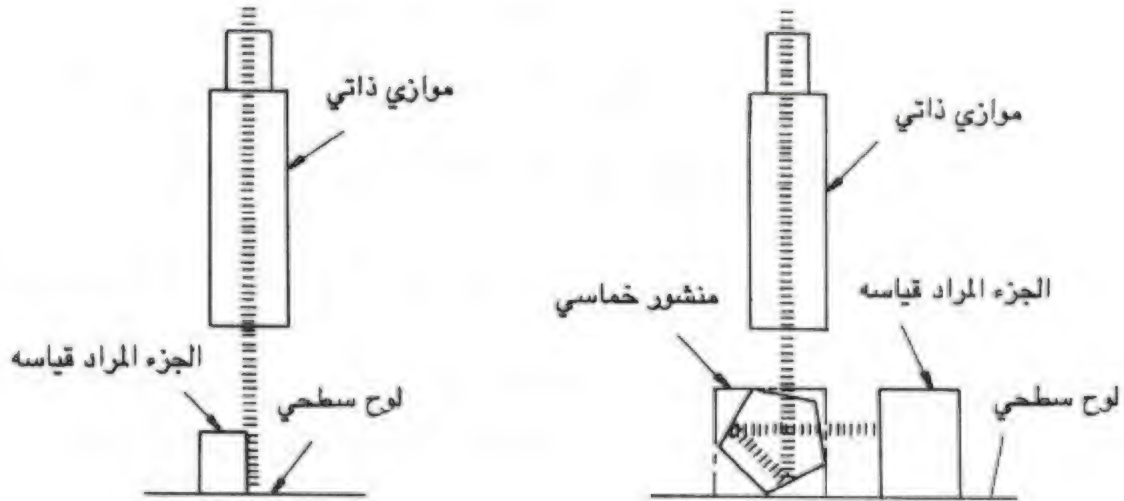
(أ) في الشكل ١٧-٢ ، تقاس الاستقامة عن طريق القص الشعاعي d الذي ينتج من عاكس يتحرك بطول سطح القياس ، ويمكن حسابه فيما بعد .



القيم المقاسة محصورة بين خطين متوازيين ، قس المسافة على التوازي حتى محور الإحداثي الرأسي

الشكل ١٧-٢ مقياس الإستقامة straightness بواسطة موازي ذاتي

(ب) في الشكل ١٨-٢ يقاس التوازي والاستقامة



الشكل ١٨-٢ قياس التوازي parallelism والاستقامة بواسطة موازي ذاتي

٢-٤-٢ تطبيق هُذْب التداخل الضوئي

Application of Light Interference Fringes

[١] تداخل موجات الضوء Light Wave Interference

إذا انبعث ضوء من مصدر ضوئي ثم انقسم إلى قسمين وتم تجميعهما مرة أخرى بعد مرورهما في مسارات مختلفة ، تساعد الموجتان بعضهما البعض وتصبحان قويتين (ساطعتين) عند التلاقي في طور واحد ، عندما يكون فرق طول المسارين (فرق المسار الضوئي) مضاعفات زوجية لنصف طول موجة الضوء، كما في الشكل ١٩-٢ ، بينما تلاشي كل منهما الأخرى وتصبحا ضعيفتين (مظلمتين) عندما تتلاقيان في طور مضاد . ويحدث هذا عندما يكون الطول الفرقي مضاعفاً فردياً لنصف طول الموجة. وتسمى هذه الظاهرة تداخل الموجات الضوئية .

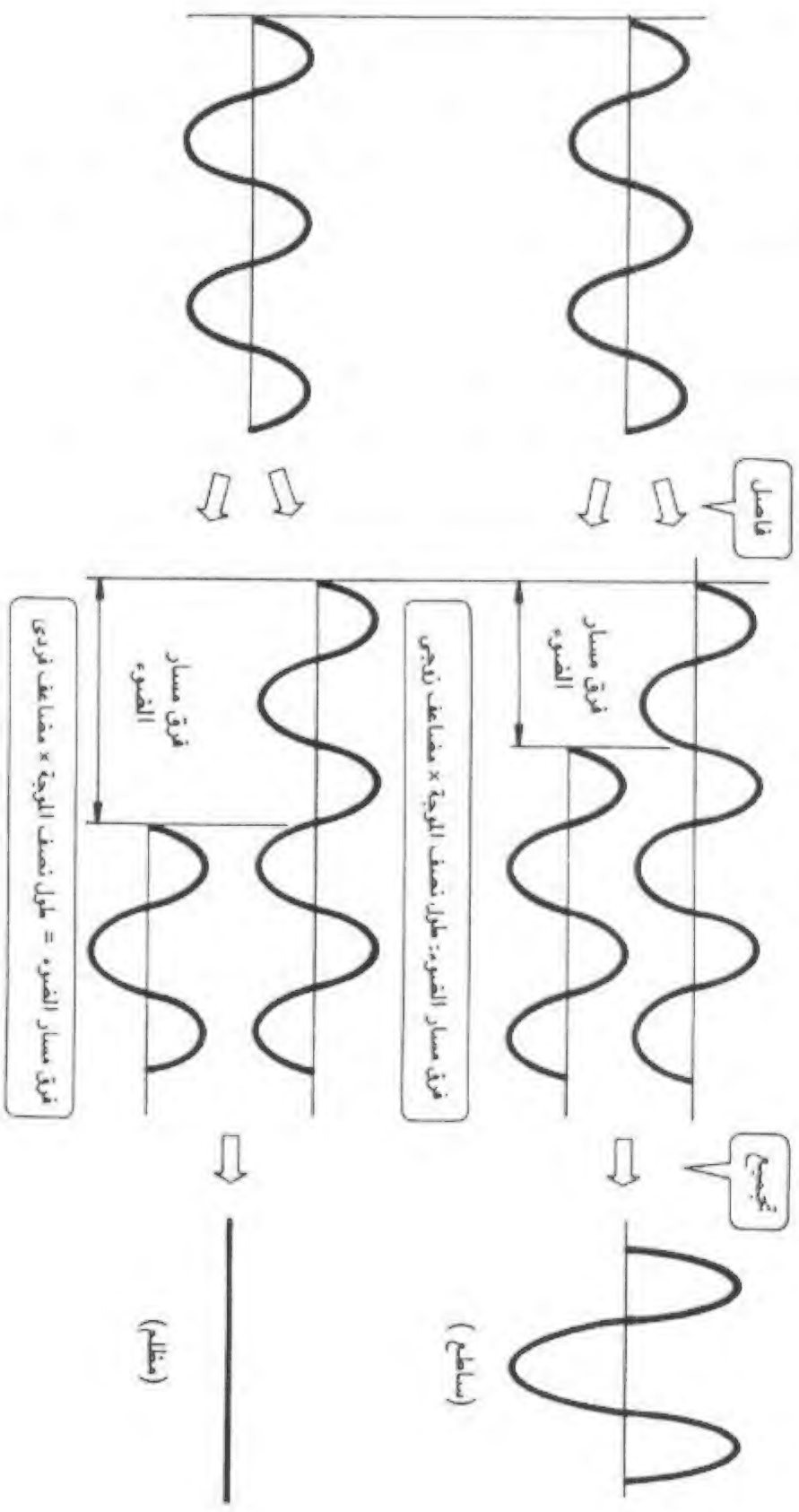
فإذا وضعت قطعتان من الزجاج المستوي L ، M بجوار بعضهما البعض كما في الشكل ٢-٢٠ ، وأسقطنا ضوءاً أحادي اللون بشكل رأسي ، ينقسم الضوء إلى قسمين ، الأول ينعكس على السطح الداخلي للزجاج المسطح L ، والثاني ينعكس على السطح العلوي للسطح B للزجاج المسطح M بعد مروره خلال A . وتتلاقى الأضواء المنعكسة مرة ثانية فتسبب تداخل موجات الضوء .

تتكون هُـدُبٌ مضيئة وداكنة (مظلمة) عن طريق تغيرات الطور الناتج أثناء الانعكاس ، وسمك طبقة الهواء d ، وطول موجة الضوء λ ، كما في الشكل ٢-٢٠ . وعند B حيث ينعكس الضوء بتلامسه مع وسط كثيف (زجاج أو معدن) من وسط خفيف (هواء) ، يتغير الطور بمقدار نصف طول موجة $(\lambda/2)$. ولا يتغير الطور للضوء المنعكس عند A .

وبفرض أن n رقم صحيح ، وليس كما في الشكل ٢-١٩ ، فإن :

$$2d = (2n + 1) \lambda/2 \quad d = n\lambda/2 + \lambda/4 \quad (a)$$

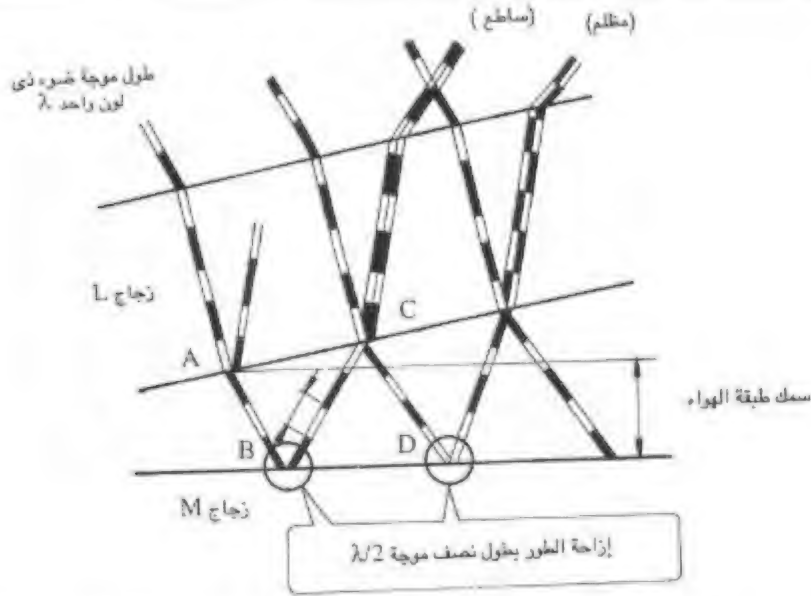
وفي هذا الوضع، تتساوى أطوار الموجتين الضوئيتين وتصبح الموجتان الضوئيتان أسطع .



(ب)

(ا)

الشكل ١٩-٢ تداخل موجات الضوء



الشكل ٢-٢٠ مبدأ قياس الخلوص بواسطة تداخل موجات الضوء

$$2d = 2n \frac{\lambda}{2} \quad d = n \frac{\lambda}{2} \quad (b)$$

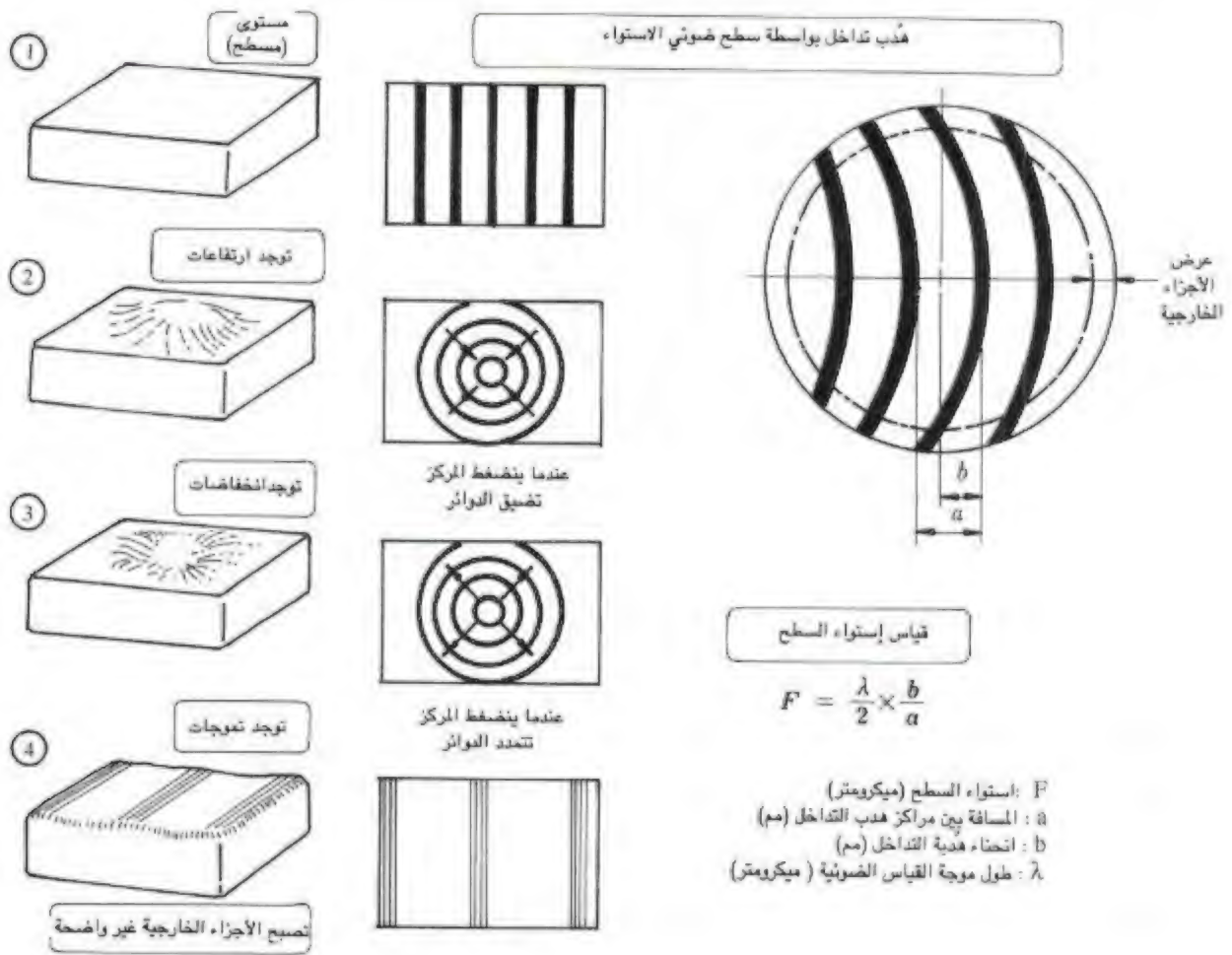
وفي هذا الوضع ، تتعكس أطوار الموجتين الضوئيتين ، وتصبح الموجتان الضوئيتان أظلم .

وتكون الموجتان الضوئيتان مظلمتين ، خاصة في الوضع $d = 0$ ، حيث تتلامس الأسطح L, M .

ومن عدد خطوط هُذْب التداخل المظلمة n (هُدْبَة) ، يصبح الخلوص (سمك طبقة الهواء) $\lambda/2 \times n$ ، وبذلك يمكن قياس الخلوص d . وعلى ذلك، يمكن اعتبار هُذْب التداخل مثل مسطرة قياس ذات أجزاء قياس $\lambda/2$.

[٢] قياس الاستواء flatness عن طريق تداخل موجات الضوء

يمكن قياس إستواء سطح صغير نسبياً ، تم تشطيبه بالتحضين مثل أطراف قوالب القياس المعيارية ، وأسطح القياس لسندان وعمود ميكرومتر باستخدام هُذْب التداخل . ويبين الشكل ٢-٢١ مثلاً للقياس باستخدام سطح ضوئي الاستواء ^(٩) .



الشكل ٢-٢١ مثال لقياس استواء السطح عن طريق هَدْبِ التَدَاخُلِ

تعريف ٨

إذا تكونت أربع دوائر متحدة المركز في (٢)، انظر الشكل ٢-٢١، فما هو الفرق في الارتفاع بين الأجزاء التي في المركز والتي على المحيط، بفرض أن طول موجة الضوء هي 0.6 ميكرومتر .

(الإجابة : 1.2 ميكرومتر)

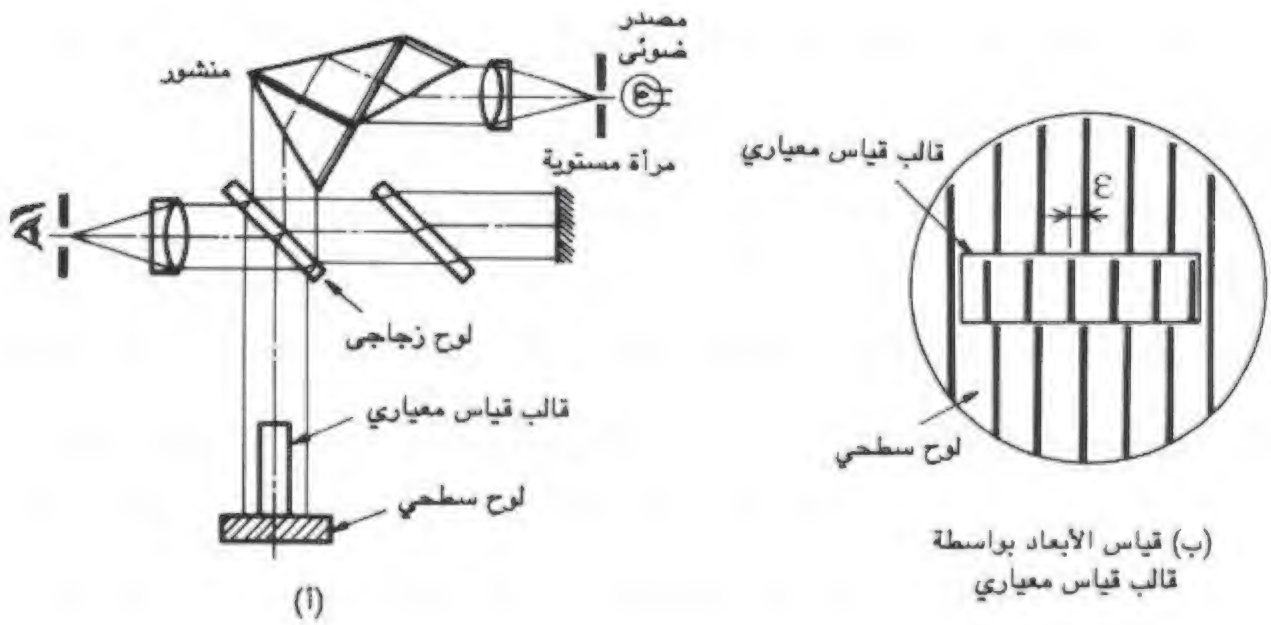
[٢] آلة قياس الطول بتطبيق تداخل موجات الضوء

يبين الشكل ٢-٢٢، النظام الضوئي لآلة قياس الطول باستخدام تداخل موجات الضوء . تستخدم أنبوبة تفريغ مملوءة بـ He ، Hg ، Cd أو Kr ، كمصدر ضوئي لقياس قص هُذُب التداخل، بتغيرات الطول الموجي لمصدر الضوء للحصول على طول الجزء المطلوب قياسه .ويمكن استخدامها في القياسات المطلقة^(١٠) والقياسات النسبية، وكذلك قياس الاستواء والتوازي ، الخ. لقوالب القياس المعيارية وأصناف أخرى . وتبلغ الأطوال الموجية للأشعة المرئية من 0.4 إلى 0.7 ميكرومتر تقريباً، ويمكن قياس الأطوال بدقة عالية جداً باستخدام هُذُب التداخل .

٢-٤-٣ استخدام شعاع الليزر Utilization of Laser Beam

[١] أساسيات الليزر

تحدث ظاهرة توليد ضوء ذي طول موجة معينة (انبعاث مُحَفَّز) عند تطبيق طاقة عالية لذرات أو جزيئات مادة بواسطة ضوء أو الكترونات معجَّلة .تستمر هذه الظاهرة ويتكثف الضوء (يصبح كثيفاً) بالتدريج. ويتكرر انعكاس هذا الضوء بواسطة مرأتين موضوعتين عند الطرفين ، يمكن الحصول على شعاع مكبر وكثيف.أما الوسيلة (الجهاز) التي تنتج مثل هذا الشعاع فتسمى الليزر^(١١). ويسمى الشعاع الذي ينتج بالليزر شعاع الليزر.



ينبعث شعاع من مصدر ضوئي (ضوء أحادي اللون) ويتغير اتجاهه جزئياً بمقدار 90° خلال لوح زجاجي نصف شفاف لينعكس بواسطة مرآة مستوية ، وينعكس شعاع آخر على السطح العلوي للجزء المراد قياسه ، الذي يلتصق به لوح سطحي ليصل إلى اللوح الزجاجي مع الشعاع الأول ويتداخل مع بعض وعليه يلاحظ الشكل (ب) من خلال عدسة عينية . وبتطبيق أطوال موجية مختلفة لمصدر الضوء ، وقياس الإزاحة ϵ لهذب التداخل بين اللوح السطحي وقالب القياس المعياري بدلالة طول الموجة ، يتم حساب طول قالب القياس المعياري بالقيم المقاسة .

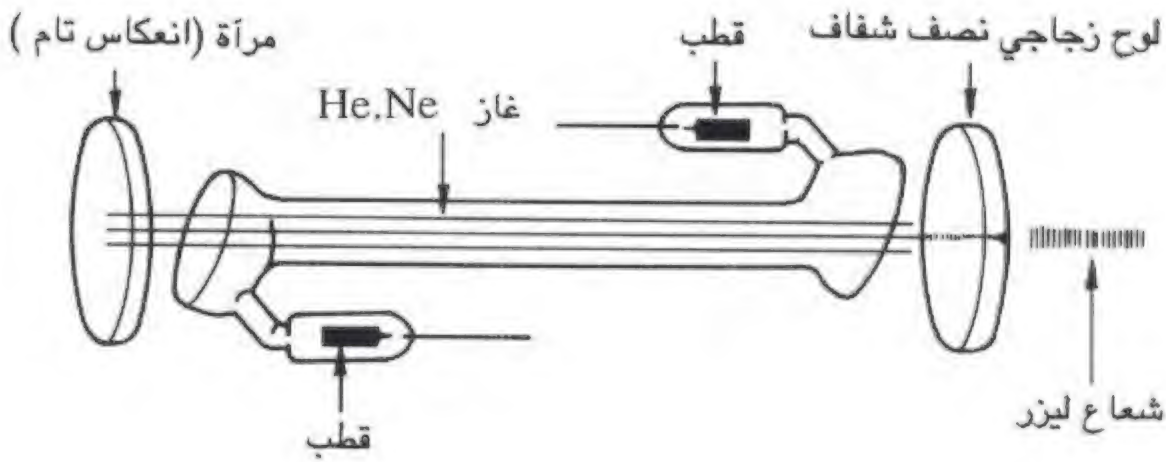
الشكل ٢-٢٢ آلة قياس الطول بتطبيق تداخل

موجات الضوء ونطاق رؤيتها

والمقارنة شعاع الليزر مع الأضواء العادية مثل ضوء الفلورسنت ، فإن شعاع الليزر له طول موجي واحد بأطوار منتظمة (أحادية اللون)، ويتفوق عليها في الترابط. فأشعة الليزر تنتقل إلى الأمام في اتجاه مستقيم إلى نقطة بعيدة بدون انتشار (اتجاهي) .

وتشمل أنواع الليزر ، الليزر الغازي وليزر الجوامد وليزر السوائل وليزر أشباه الموصلات.

والليزر الغازي He.Ne يتفوق في الاستقرار، ويمكن التعامل معه بسهولة. ولهذه الأسباب ، يستخدم في أغلب الأحوال، كما يستخدم كآلات قياس الأطوال. ويبين الشكل ٢-٢٣، مكونات ليزر He.Ne .

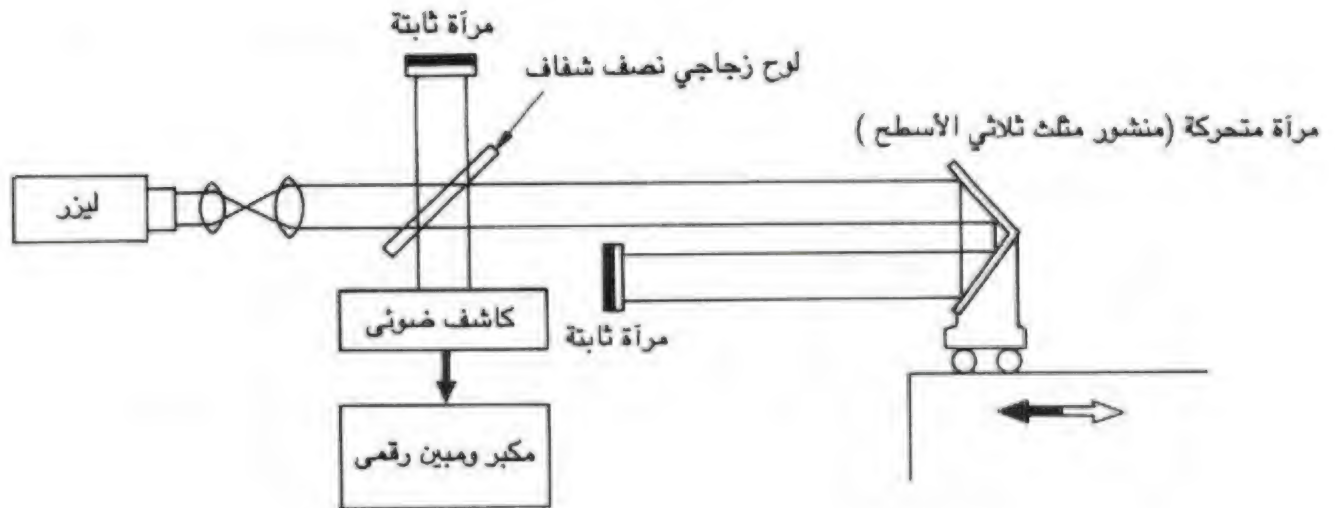


يوجد بداخل الوعاء خليط من غازي He ، Ne بنسبة 1 : 5 ، وعندما يتم التفريغ بين قطبين من جهد عالي يحدث انبعاث حثي ، ويتكرر انعكاس الشعاع عن طريق المرايا الموضوعة على الجانبين وعليه ينتج شعاع ليزر أحمر (طول الموجة هو 0.6328 ميكرومتر) من المرآة على اليمين (لوح زجاجي نصف شفاف)

الشكل ٢-٢٣ ليزر He.Ne

[٢] آلات قياس الطول بواسطة شعاع الليزر

تستفيد الآلات الدقيقة لقياس الأطوال بواسطة شعاع الليزر من الترابط الممتاز للشعاع ويبين الشكل ٢-٢٤، مكونات الآلة الدقيقة لقياس الأطوال بالليزر .
تتحول التغيرات في الطول إلى تغيرات في هُذب التداخل (معتمدة وساطعة)، بسبب التحويل^(١٢) الكهروضوئي، ويظهر عددها رقمياً للقياس بدرجة دقة تساوي 0.008 ميكرومتر .



المبدأ هو نفسه كما في حالة قياس الطول بتطبيق تداخل الموجات ، كما في الشكل ٢-٢٢ . وينقسم شعاع الليزر في اتجاهين خلال لوح زجاجي نصف شفاف ، وعندما تنزلق المرآة المتحركة في اتجاه السهم ، تتغير هُذب التداخل الضوئية (الناجمة) ذات الطريقتين .

الشكل ٢-٢٤ آلة دقيقة لقياس الأطوال باستخدام شعاع الليزر

وتقاس المسافات الطويلة جداً بواسطة شعاع الليزر أيضاً. وتستطيع بعض آلات القياس قياس المدى حتى 1 كم بدرجة دقة 1 مم . ويستخدم تداخل شعاع الليزر أيضاً في قياس الاستواء وفي تحديد مواضع عدد القطع في آلات التشغيل .

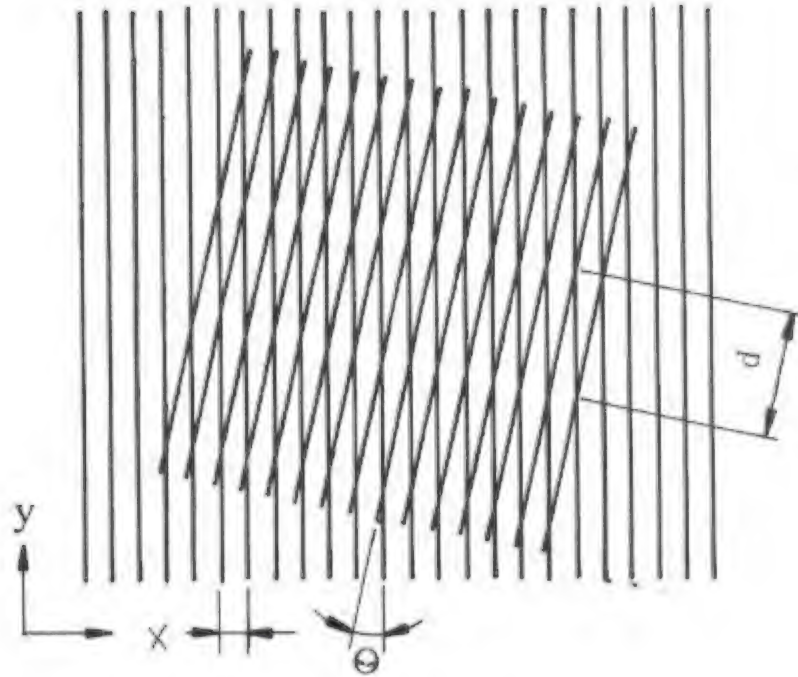
* تطبيقات أخرى لشعاع الليزر: شعاع الليزر عبارة عن موجة كهرومغناطيسية، وله نفس خصائص الموجات اللاسلكية. وباستعمال الترددات العالية ، يمكن استخدامه تجارياً في مجال الاتصالات الضوئية^(١٣). ويمكن كشف الفروق الصغيرة في التردد بسهولة . وتستخدم أشعة الليزر في قياس السرعات من حوالي 0.1 إلى عدة عشرات من الأمتار في الثانية^(١٤) .

وكثيراً ما يستخدم الهولوجرام (تسجيل الصور الحجمية)، الذي يعتمد على خاصية إحداث التداخل بسهولة ، في إنتاج الصور ثلاثية الأبعاد، وكذلك في قياس التشوهات في الأجزاء، والاهتزازات في مجالات السيارات والطائرات. وتستخدم طريقة التركيز الدقيق لطاقة شعاع الليزر في نقطة صغيرة في تقنيات^(١٥) التشغيل ، مثل عمل الفتحات في الماس وتقطيع القماش . وتستخدم طاقة شعاع الليزر أيضاً كمشرط^(١٦) ليزر للجراحة ، ومخصلات من اليورانيوم^(١٧) .

تمرين ٩

ما هو تردد شعاع الليزر عندما يكون طول الموجة 0.6328 ميكرومتر، بفرض أن سرعة الضوء هي c وتساوي 299792458 متر / ث .
(الإجابة: $4.73755465 \times 10^{14}$ هرتز)

٢-٤-٤ تطبيقات هُدُب مُوَّار Application of Moire Fringes



الشكل ٢-٥ هُدُب مُوَّار

يبين الشكل ٢-٥ ، مبادئ مقياس هُدُب مُوَّار. ويتراكب (تداخل) شبكتي حيود^(١٨) ، كل منهما ذات خطوة α ، بالإمالة بزاوية صغيرة θ ، تظهر هُدُب على مسافات بينية d عموديا على الشبكية . وتسمى هذه الهُدُب، بهُدُب مُوَّار بولها العلاقة التالية

$$d = \frac{1}{\sin \theta} \alpha \cong \frac{1}{\theta} \alpha \quad (2-8)$$

ويتحرك الشبكية في الاتجاه X بخطوة واحدة α ، تتحرك هُدُب مُوَّار

فى الاتجاه Y مسافة d . ولهذا يعتبر $\frac{1}{\theta}$ تكبيراً .

[١] حصر عدد هُذُب مُوَار عن طريق شبكية حيود مستقيمة

By Straight Diffraction Grid

يبين الشكل ٢-٢٦ ، مثلاً لحصر عدد هُذُب مُوَار بواسطة شبكية حيود مستقيمة .

تمرين ١٠

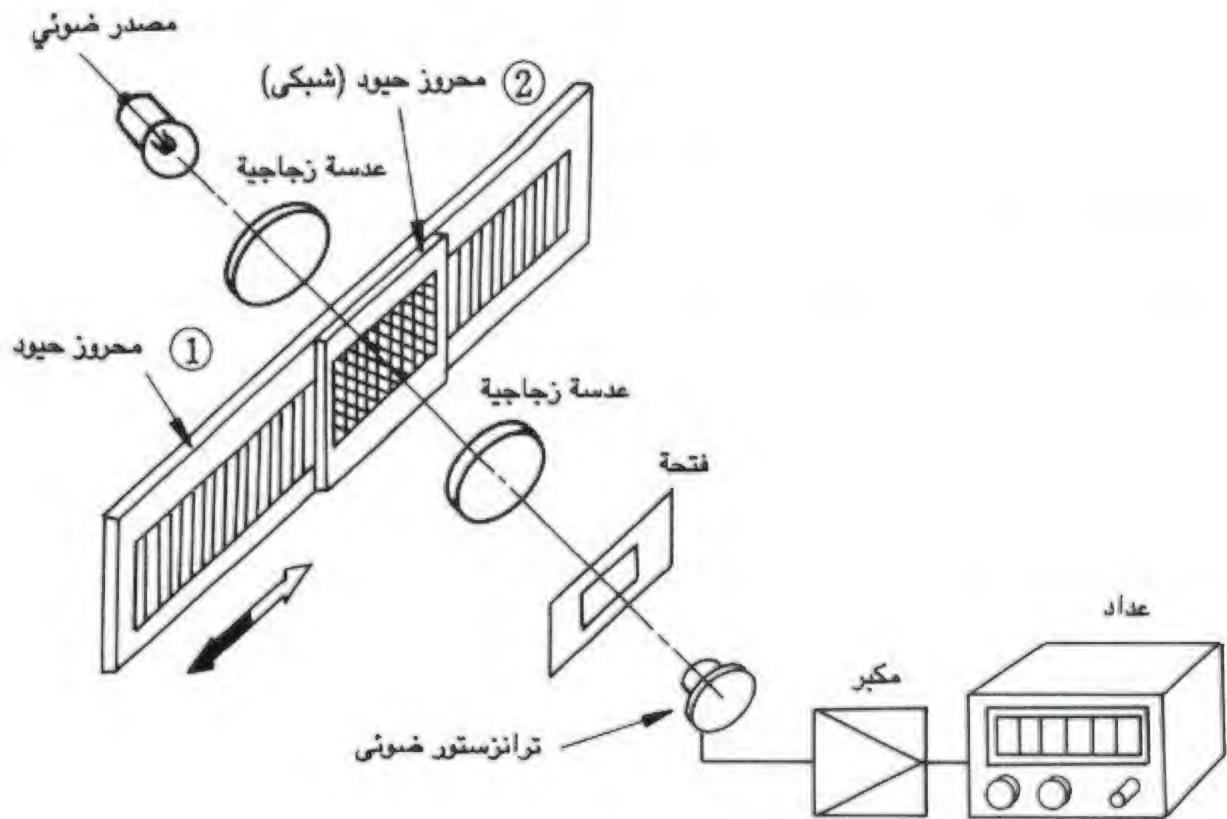
ماهى نسبة التكبير، إذا تحركت هُذُب مُوَار 0.06 مم، عندما تكون خطوة شبكية هُذُب مُوَار 4 ميكرومتر .

(الإجابة : 15 مرة)

[٢] حصر عدد هُذُب مُوَار عن طريق شبكية حيود قرصية

By Disk-like Diffraction Grid

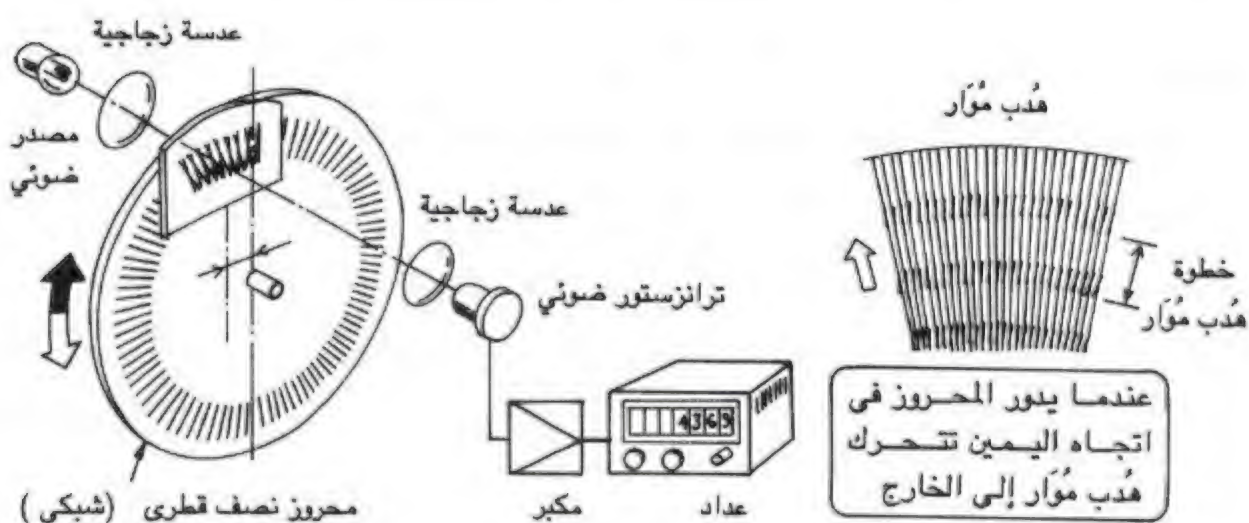
يسمى القرص الزجاجي ، المحفور عليه بدقة شبكية على شكل أنصاف أقطار بخطوة تقسم المحيط بالتساوي ، بالشبكية نصف القطرية . ويمكن الحصول على هُذُب مُوَار بتداخل شبكيتين نصف قطريتين عن طريق وضعهما بشكل يكونان فيه غير متحدى المركز بدرجة قليلة . وبالقيام بعدد الإشارات النبضية المتولدة ، ذات العلاقة بعدد لفات القرص ، يمكن قياس الزاوية رقمياً .



بتحريك هُذْب موار ، يمكن عدّ التغير من (إظلام - إضاءة) كهروضوئياً . ولهذا تقرأ قيمة الانحراف للمحروز المتحرك . وحيث أن الدقة هنا أكبر من المقياس النبضي الضوئي ، تستخدم هذه الطريقة لقياس الطول والزاوية .

الشكل ٢-٢٦ مثال لعدّ هُذْب موار عن طريق شبكة حيود خطية

ويسمى هذا الجهاز بمُشفّر النبضات ، انظر الشكل (٢-٢٧)



يجهز مُشفر النبضات بمحور دوران ذي مسمار مسنن للتغذية وبقراءة عدادات النبضات (كمية الدوران) وتغذية المسمار المسنن في اللفة (طول) يمكن الحصول على القياس الرقمي . يتوفر هذا النظام للتحكم في الموضع في آلات التشغيل .

الشكل ٢-٢٧ مثال لعدّ هذب مؤار عن طريق مُشفر النبضات

٢-٤-٥ القياسات الرقمية عن طريق إشارات نبضية ضوئية

By Optical Pulse Signal

[١] مقياس النبضة الضوئية Optical Pulse Scale

يتكون مقياس النبضة الضوئية من مقياس ثابت للقراءة من النوع الشريطي ذي

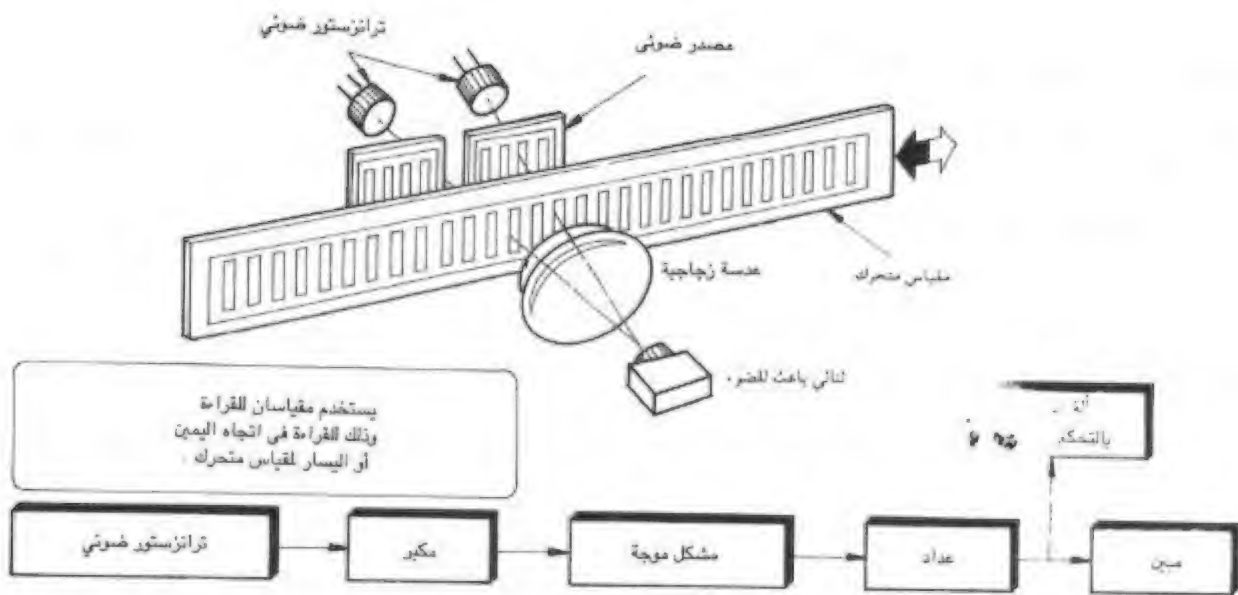
شبكة ومقياس آخر يتحرك نتيجة للإزاحة . ويصبح مقياس النبضة الضوئية مضيقاً عندما يتراكم المقياسان ، بينما يصبح مظلماً عندما يتحرك نصف خطوة واحدة. تتحول الإشارات الضوئية المظلمة والمضيئة إلى إشارات كهربائية بواسطة ترانزستور ضوئي (ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦ - الفصل الثاني) ، وبذا يمكن القيام بالعد الرقمي. تستخدم هذه الطريقة بكثرة في تحديد وضع عربات آلات التشغيل وأجهزة القياس. ويسمى مقياس النبضة الضوئية أيضاً بالمُشفّر الخطي، (انظر الشكل ٢-٢٨) .

[٢] مقياس النبضة الضوئية نو القرص

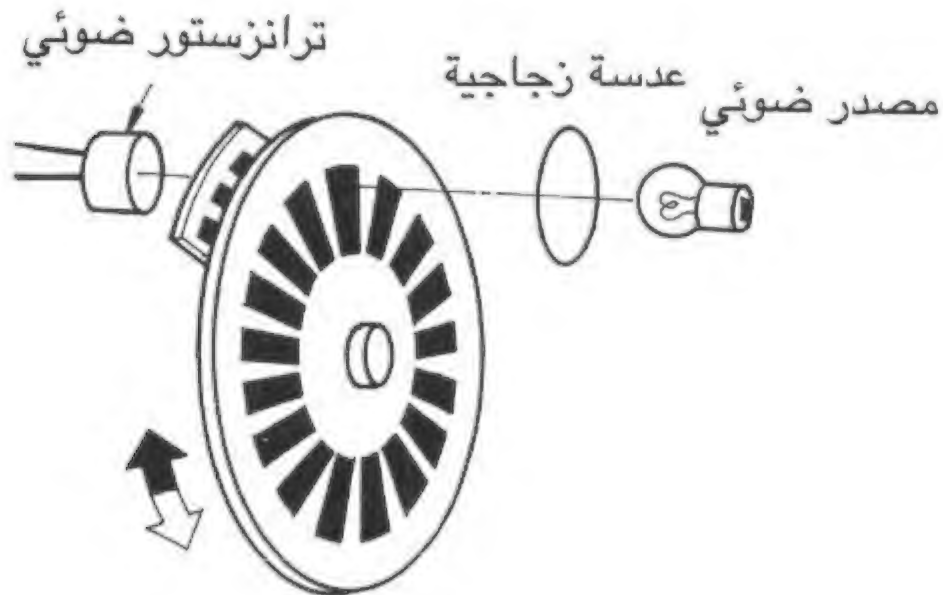
هو مقياس النبضة الضوئية الذي ذكر من قبل ، ولكن له قرص بدلا من المقياس المتحرك لقياس الزاوية رقمياً ، ويسمى هذا الجهاز المُشفّر الدوار، (انظر الشكل ٢-٢٩) .

٢ - ٥ استخدام أجهزة قياس الموائع Fluid Instrumentation

بالاستفادة من خصائص الموائع مثل السوائل والهواء ، يتم تكبير الانحرافات الدقيقة للقياس باستخدام أجهزة القياس. ويعتبر ميزان ضبط الاستواء والميكرومتر الهوائي أمثلة نموذجية لها.



الشكل ٢-٢٨ القياس عن طريق المقياس النبضي الضوئي (المُشفّر الخطي)



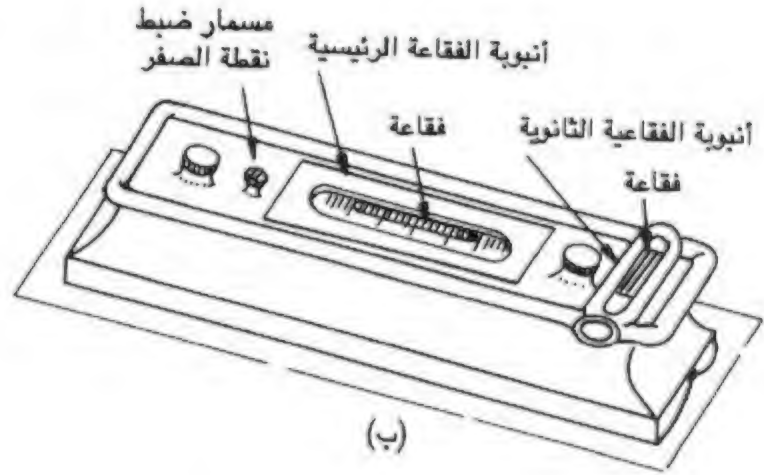
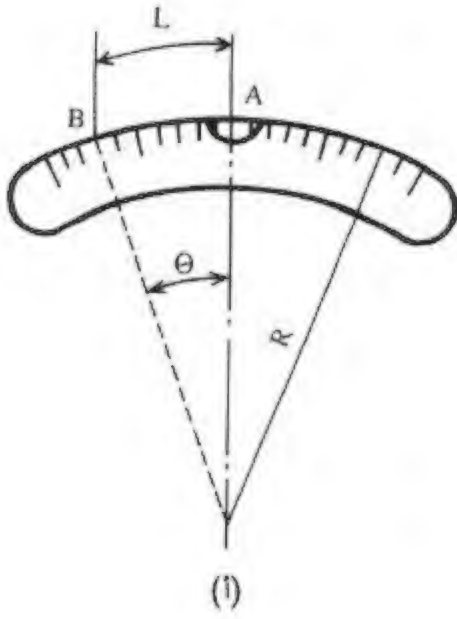
الشكل ٢-٢٩ القياس باستخدام المُشفّر الدوار

٢ - ٥ - ١ استخدام السوائل

ميزان ضبط الاستواء عبارة عن جهاز قياس الزوايا ، وهو ذو تركيب بسيط ويستخدم لتكبير الإزاحة باستعمال أنبوبة ذات فقاعة ، حيث تترك فقاعة في أنبوبة زجاجية ذات نصف قطرانحناء ثابت ، وتملأ الأنبوبة بالإيثيل أو الكحول ، (انظر الشكل ٢-٣٠) .

وتتحدد الحساسية من نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة ، وتكون الحساسية أعلى عندما يكون نصف قطر الانحناء أكبر . ويعبر عن حساسية ميزان ضبط الاستواء بالميل اللازم لانحراف الفقاعة بفترة قياس واحدة (2 مم)، ويبين ذلك بالارتفاع لكل متر للقاعدة أو بالزاوية (أو الزوايا) ، وهي محددة في المواصفات JIS B 7511-1972 .

والحساسية في المثال المبين في الشكل ٢-٣٠، هي 0.02 مم/م (4°) .



$$L = \frac{2 \pi R \theta}{360 \times 60 \times 60} = \frac{R \theta}{206\,000}$$

L : المقدار الذي تتحركه الفقاعة نتيجة ميل أنبوبة الفقاعة (مم)

θ : ميل أنبوبة الفقاعة (ثانية)

R : إنحناء أنبوبة الفقاعة (مم)

في حالة :

$$L = 2 \text{ mm} , \theta = 4$$

$$R = \frac{206000 \times L}{\theta} = 103000 \text{ mm} = 103 \text{ m}$$

الشكل ٢-٣٠ ميزان ضبط الاستواء

تمرين ١١

احسب نصف قطر الانحناء لأنبوبة الفقاعة في ميزان ضبط الاستواء ذي الحساسية 0.1 مم/م (20').

(الإجابة: 20.6 م)

٢ - ٥ - ٢ استخدام الهواء

الميكرومتر الهوائي هو جهاز قياس أطوال يستعمل الهواء ، فيندفع الهواء ذو الضغط الثابت من خلال فوهة قياس ، ويتغير الخلوص الصغير (السلك) في جزء الانسياب ، ليغير سريان الهواء والضغط بدرجة كبيرة. والمقارن Comparator الذي يعتمد على هذه الظاهرة هو عبارة عن ميكرومتر هوائي .

[١] الميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب Flow - type Air Micrometer

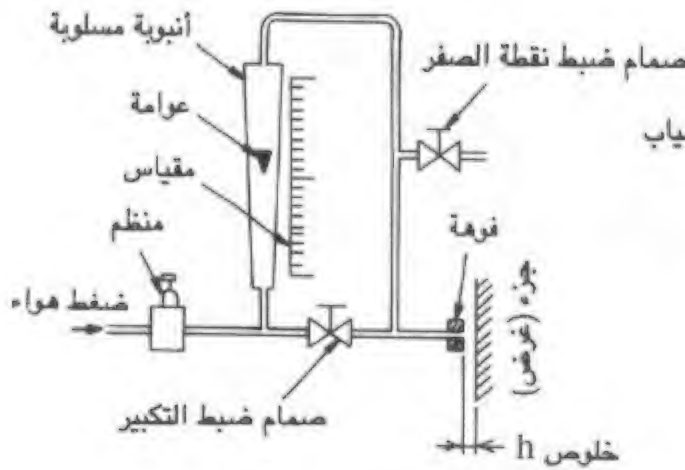
يبين الشكل ٢-٣١، منحنيات الخصائص والمبادئ للميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب.

عند مرور هواء ذي ضغط ثابت إلى الجو الخارجى خلال فوهة، يتغير الانسياب بالتناسب مع مساحة الفتحة. فإذا كان الخلوص h عندما تقترب الفوهة من السطح المطلوب قياسه ، فإن الانسياب يتغير بالتناسب مع مساحة السطح $\pi d h$ ، عندما يمر الهواء على محيط السطح الذي نقوم بقياسه ، (انظر الشكل (ب)).

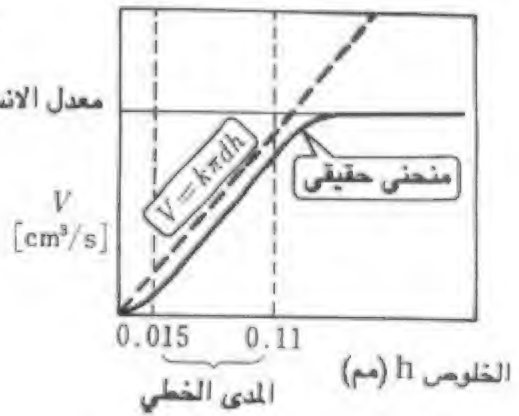
[٢] الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى Back-pressure Air Micrometer

يبين الشكل ٢-٣٢ مبادئ ومنحنى الخصائص للميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفى .

فى القياسات اليدوية ، يستخدم غالباً الانسياب من النوع الذى يمكن فيه النظر إلى العوامة بالعين وفى القياسات الأتوماتيكية ، يستخدم أساساً نوع الضغط الخلفى، الذى يمكن فيه أن يتم التحول إلى إشارات كهربائية بسهولة .



(أ) النموذج الأساسي



(ب) منحنى الخصائص

ينساب هواء ذو ضغط ثابت خلال صمام التحكم في الضغط ويتناسب انسياب الهواء مع الخلوص بين الجزء والفوهة خلال مدى ثابت ، وكلما زاد الخلوص ، يزيد انسياب الهواء ، ولذلك ترتفع عائمة الأنبوبة المسلووية إلى أعلى ويزيد الخلوص بين الأنبوبة المسلووية والعائمة ، وتتوقف العائمة عند موضع، حيث يتعادل وزنها مع الفرق في الضغط .

$$V = k\pi dh$$

V : إنسياب الهواء

K : ثابت التناسب

π : العدد

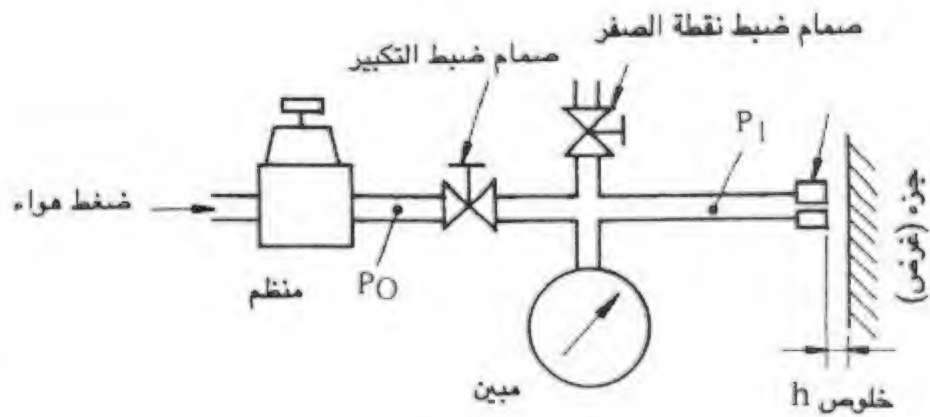
d : القطر الداخلي للفوهة

h : الخلوص

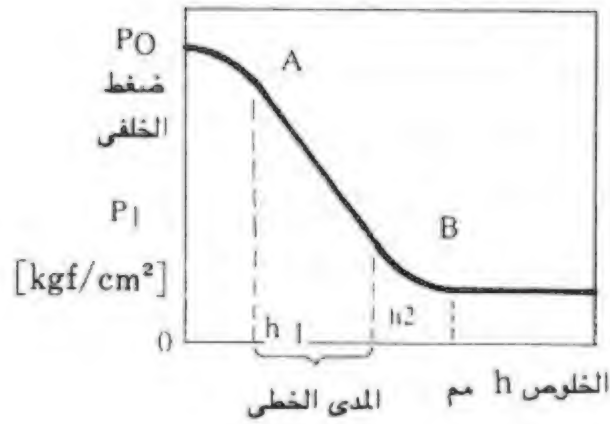
الشكل ٢-٣١ الميكرومتر الهوائي من نوع الانسياب

والميكرومتر الهوائي له الخصائص التالية :

- (١) تكبير عالي (من 5000 إلى 10000)، ويمكن ضبط التكبير بسهولة.
- (٢) قياسات بدون تلامس وبقوة قياس صغيرة بدون تحطيم أو تشويه الأجزاء المقاسة ، غير أن القياسات تتأثر بخشونة السطح .



(أ) النموذج الأساسي



(ب) منحنى الخصائص

في الشكل (أ) ، عندما يمر هواء من فوهة بضغط ثابت ، يتناسب الضغط الخلفي (الضغط بين الصمام والفوهة) تناسباً طردياً مع الخلوص بين الجزء والفوهة في حدود مدى ثابت ، يتحول الضغط الخلفي إلى إشارة كهربائية عن طريق مفتاح هواء ، وهذا يوصل ملامس كهربائي من خلال منفخ وغشاء .

الشكل ٢-٣٢ الميكرومتر الهوائي بالضغط الخلفي

- (٣) بيان سريع وزمن قياس صغير ، وتكون القياسات جيدة .
- (٤) يمكن أن يستخدم بشكل ملائم لقياس الأشكال المركبة وفى القياسات الخاصة أو القياسات عن بعد .
- (٥) يمكن أن يستخدم فى الفصل الأوتوماتيكي ، والتحكم الأوتوماتيكي ، والتحكم الأوتوماتيكي وأغراض أخرى .
- (٦) مدى القياس لا يمكن أن يكون واسعاً جداً (حتى حوالي 0.2 مم) .
- (٧) أطوال القياسات وأجزاء البيان لا يمكن زيادتها بلا حدود نتيجة لسرعة الاستجابة .

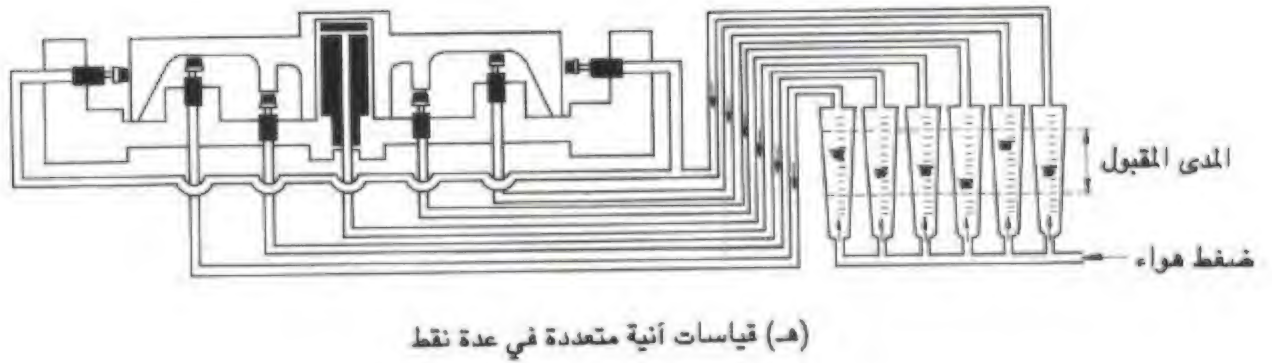
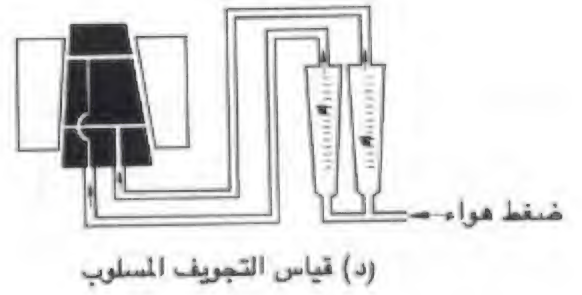
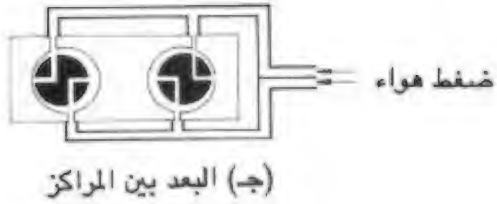
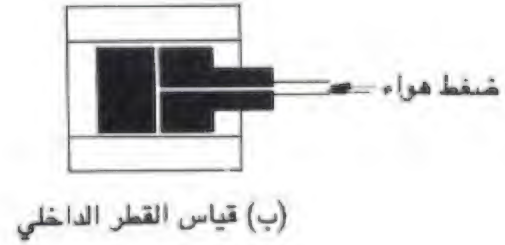
ويبين الشكل ٢-٣٣، عدة أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائي عند قياس عناصر ذات أشكال مختلفة. ففي صناعة السيارات والصناعات الأخرى يتم قياس الأجزاء أو الأبعاد المختلفة فى آن واحد باستخدام معدات قياس خاصة كما فى الشكل (هـ). ويمكن لهذه الطريقة أن تحدد قبول أو عدم قبول المنتجات بإدخال الأجزاء المشغلة ، وهى طريقة ملائمة .

٢ - ٦ إستخدام أجهزة القياس الكهربائية

Electrical Instrumentation

١-٦-٢ خصائص استخدام أجهزة القياس الكهربائية

فيما يلي خصائص الطرق التي تقوم بتحويل الكميات الطبيعية مثل الأطوال إلى كميات قياس كهربائية مثل الفولت ، والمقاومة الكهربائية والمحاثة :



الشكل ٢-٣٣ أمثلة تطبيقية للميكرومتر الهوائي باستخدام أشكال مختلفة لعنصر القياس

- (١) يمكن تكبير الإشارات بسهولة وتكون حساسية القياس عالية .
- (٢) يمكن قياس الإشارات الكهربائية عن بعد بإتصال سلبي وأحياناً باللاسلكي فقط .
- (٣) تسمح القياسات الأوتوماتيكية باتخاذ إجراءات سريعة تقابل التغيرات .
- (٤) يمكن حساب الكميات المقاسة وتسجيل النتائج واسترجاعها مرة أخرى .
- (٥) يمكن استخدام الإشارات الرقمية عن طريق الحاسب .
- ويبين الشكل ٢-٣٤، مثلاً للتحويل الكهربائي وبيان القياسات المختلفة للكميات

٢ - ٦ - ٢ نظام التحويل بالمقاومات Resistance Conversion System

[١] الريوستات المنزلق Slide Rheostat

المقاومة الكهربائية تقوم بإعاقة سريان التيار الكهربائي. ويتحدد حجمها (قيمتها) تبعاً للمادة وأبعاد الموصل .

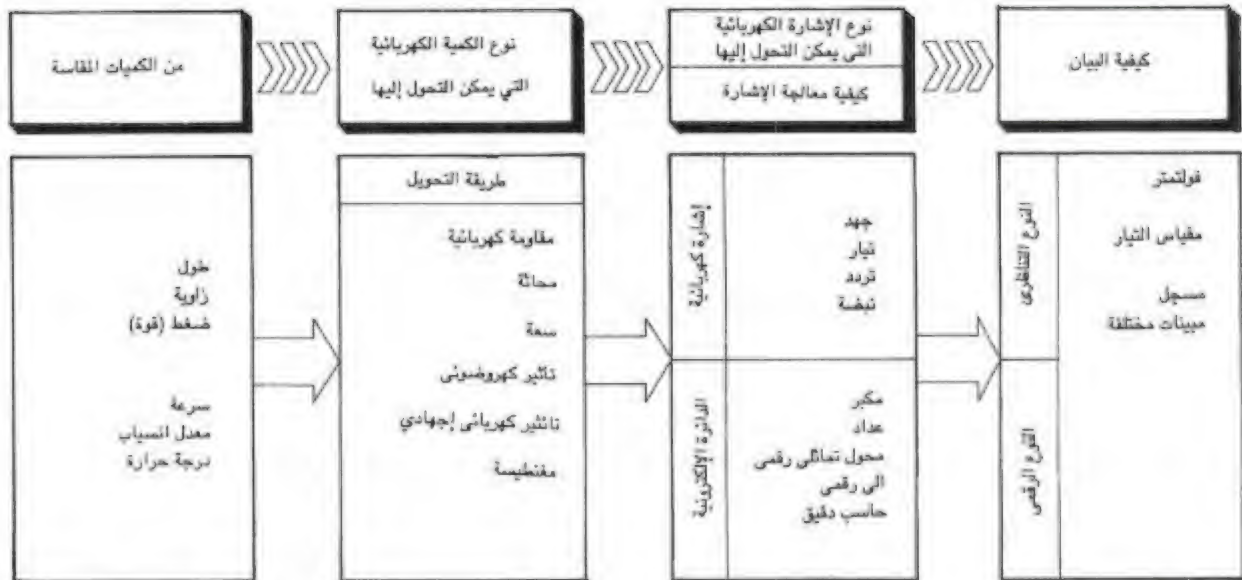
ويمكن التعبير عن المقاومة الكهربائية بالمعادلة التالية :

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (\Omega) \quad (2-9)$$

حيث ρ : المقاومة النوعية للموصل (أوم . م)

l : طول الموصل (م)

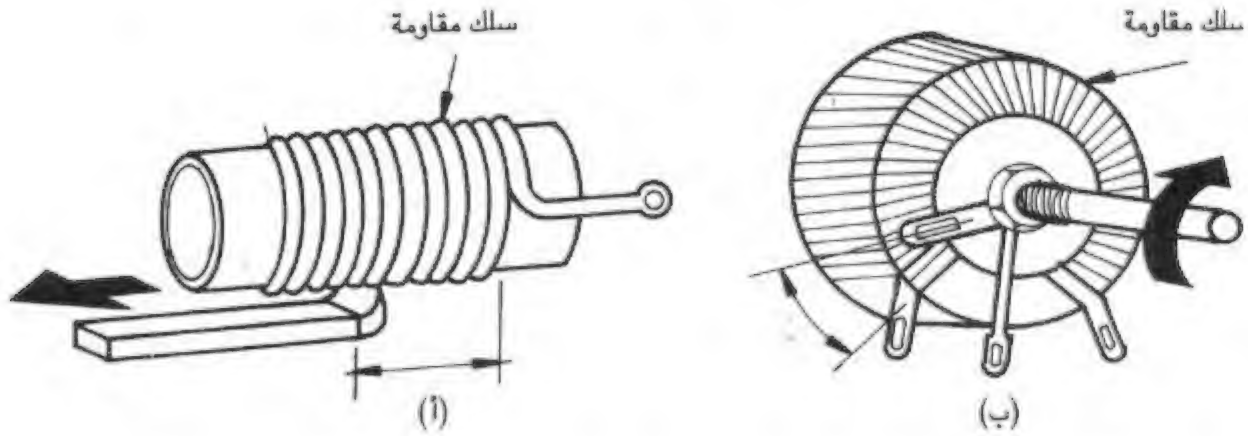
A : مساحة مقطع الموصل (م^٢)



الشكل ٢-٣٤ طريقة التحويل الكهربائية للكمية المقاسة

وتكون المقاومة النوعية للموصلات النحاسية هي 1.72×10^{-8} (أوم . متر)،
والمقاومة النوعية للكونستانتان المستخدمة في المقاومات والمركبات الأخرى هي 10^{-8}
 $5 \times$ أوم . متر (انظر الفقرة الفرعية [٢] التالية) .

والريوستات المنزلق هو جهاز ذو سلك مقاومة ملفوف حول اسطوانة أو حلقة، للحصول على مقاومة كهربائية تبعاً للطول أو الزاوية، (انظر الشكل ٢-٣٥).



الشكل ٢-٣٥ ريوستات منزلق

[٢] مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة Resistance Wire Strain Gauge

يقيس مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة الانفعالات عندما يتمدد الصلب أو المواد الأخرى نتيجة تأثير حمل عليها ، فيوضع مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة على الصلب ويتم القياس بتحويل التمدد أو الانكماش في سلك المقاومة إلى مقاومة كهربائية .

ولنفرض أن الطول (م) قد تمدد قليلاً بقيمة ΔL (م) عندما يتم شد سلك المقاومة الرفيع. ولنفرض أن المقاومة الكهربائية R (أوم) قد تغيرت قليلاً وزادت بالقيمة ΔR (أوم) في هذا الوقت ، فتكون العلاقة بينهما كما في المعادلة التالية :

$$\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta L}{L} \quad (\Omega) \quad (2-10)$$

يسمى «K» معامل المقياس (معامل الحساسية)، ويتحدد تبعاً لمادة سلك المقاومة .

وتصنع أسلاك المقاومة من أسلاك متطورة (نيكل 45% ، نحاس 55%)، وكونستانتان (نحاس 54% ، نيكل 46%)، وحديد - كروم، وأشباه موصلات سليكونية ، ومواد أخرى . ويبين الشكل ٢-٣٦، أشكال المقاومات السلكية . ويتم لصق أسلاك المقاومة على ألواح ورقية بلاستيكية أو رقيقة معدنية ، ويتم معالجتها كيميائياً لتستخدم على شكل مشط، وتسمى بمقاييس الانفعال .

عند قياس الانفعال باستخدام مقاييس انفعال ذات سلك المقاومة ، يتم تجليخ أسطح الأجزاء المطلوب قياسها مثل ألواح الصلب بعناية لجعل الأسطح ناعمة ، ويلصق مقياس الانفعال عليها باستعمال مادة لاصقة قوية مثل لصق الغراء الراتنجي . وعند وضع مقياس الانفعال ، يجب أن يكون اتجاه تمدد لوح الصلب متوافقاً مع اتجاه سلك المقاومة .

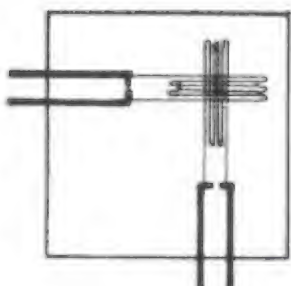
وتكون التغيرات في المقاومة صغيرة، ولذا تستخدم دائرة قنطرة هويتستون Wheatstone Bridge في القياس ، فتحافظ القنطرة على الاتزان ولا يظهر أي تغيير في المكبر في حالة $a \cdot x = b \cdot R$. بين قيم المقاومات للأربعة جوانب، فإذا تغيرت قيمة المقاومة X قليلاً ، تظهر قيمة في المبين تبعاً لقيمة المقاومة .



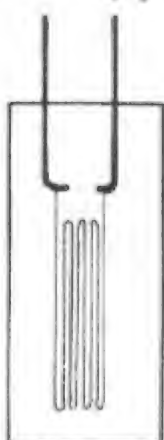
(أ) النوع التشابكي



(ب) النوع وادي نجوي الشكل
محوران متعامدان



(ج) النوع الرقائقي



(د) نوع شبه موصل

الشكل ٢ - ٣٦ مقاييس الانفعال

ومقياس الانفعال ذو سلك المقاومة هو جهاز مدمج وخفيف وله سمة ممتازة، وهى أنه يمكن قياس الانفعالات (التمدد) والإجهادات عند عدة نقاط فى وقت واحد. ويستخدم مقياس الانفعال ذو سلك مقاومة فى قياس الأحمال، والضغط، والعزوم، وأشياء أخرى، (انظر الشكل ٢-٣٧)

٢-٦-٣ نظام التحويل بالمحاثات Inductance Conversion System

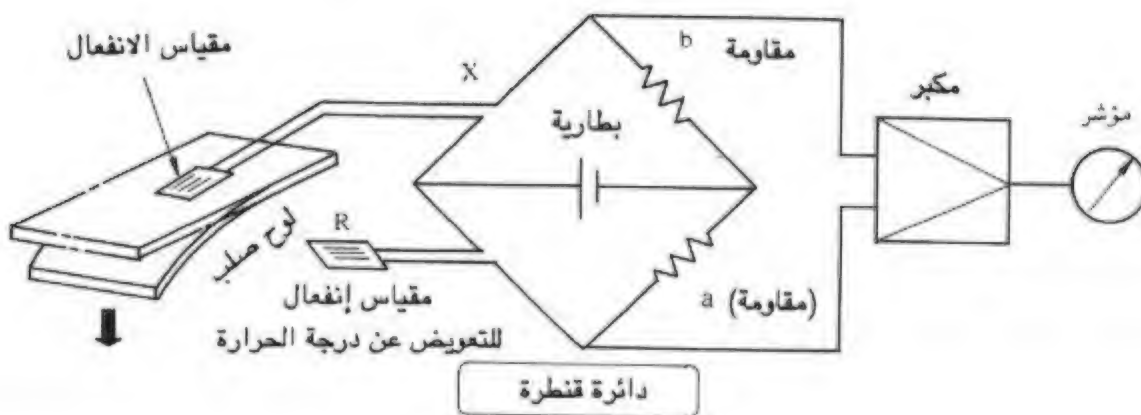
عندما يزيد أو ينقص التيار المار فى ملف، يتغير الفيض المغنطيسي الذى يتخلل الملف، مسببا تولد قوة دافعة كهربائية فى الملف. وتسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتى، بينما يسمى المعامل الذى يبين درجة الحث الذاتى بالمحاثية.

وبوضع ملف آخر بالقرب من الملف الأول ليخترق الفيض المغنطيسى، تحدث تأثيرات متبادلة بين الملفات. وتسمى هذه الظاهرة بالحث المتبادل.

[١] الميكرومتر الكهربائى بتحويل المحاثية

كما يظهر فى الشكل ٢-٣٨، توضع قطعة من الحديد بين الملفات L_1 ، L_2 ، الخاصين بمحول المحاثية، وتتكون دائرة قنطرة من الملفات الثابتة X_1 ، X_2 للميكرومتر الكهربائى بتحويل المحاثية. تتزن القنطرة عندما تكون القطعة الحديدية موضوعة فى المركز بين L_1 ، L_2 ويشير المبين إلى الصفر « 0 ». فإذا وضع جزء مطلوب قياسه على الميكرومتر، يتحرك عنصر القياس تبعاً للسمك (الثخانة)، وتتحرك قطعة الحديد رأسياً لتشتبك معه.

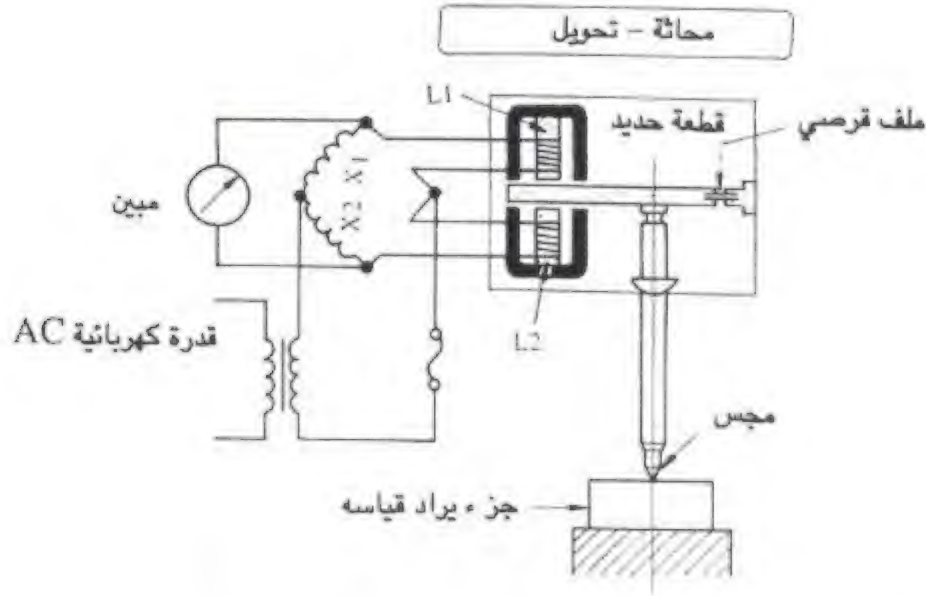
وتصل أجزاء المقياس إلى ١ ميكرومتر، ومدى القياس (10 ~ 15) ميكرومتر.



تستخدم دائرة قنطرة هويتستون لقياس التشوهات . يستخدم أحد فروع قنطرة المقاومة الكهربائية على مقياس الانفعال للقياس ويستخدم الفرع الآخر للقنطرة نفس نوع مقياس الانفعال للتعويض عن الخطأ الناتج من درجة الحرارة .

- ١- بدون حمل — $a.X = b.R$ يبين المؤشر صفر.
- ٢- في حالة حمل — $X + \Delta X$ (عدم اتزان) — يبين المبدأ بعض الانحراف .

الشكل ٢ - ٣٧ دائرة قياس مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة



عندما تتحرك قطعة الحديد الى أعلى نتيجة إزاحة المجس ، تزيد محاطة الملف L_1 وتنقص محاطة L_2 وتعمل دائرة القنطرة على أن يكون سريان التيار متناسباً مع الإزاحة . ونتيجة لهذا ، ويمكن قراءة إزاحة المجس عن طريق المبين .

الشكل ٢-٣٨ ميكرومتر كهربائي بتحويل المحاطة

[٢] ميكرومتر كهربائي ذو محول فرقي (تفاضلي)

Differential-transformer Electric Micrometer

كما يرى في الشكل ٢-٣٩ ، يوجد ثلاثة ملفات ملفوفة على ميكرومتر كهربائي ذي محول فرقي. ويتم تطبيق جهد تيار متردد (مقداره 2-3 KHz تقريباً) على الملف الابتدائي في المركز بواسطة مذبذب. يحتوي الملف على قلب متحرك . فإذا وضع القلب المتحرك في مركز الملف، تتساوى القوى الدافعة الكهربائية E_A ، E_B المتولدة في الملفات الثانوية A ، B . وإذا تم إزاحة عنصر القياس وتحرك القلب المتحرك ، تتغير القوى الدافعة الكهربائية E_A ، E_B المتولدة في الملفات A ، B ، أيضاً. ويتم بيان الفرق بين القوتين الدافعتين $E_B - E_A$ كخرج .

وتكون أجزاء المقياس للمبين هي من 0.5 إلى 10 ميكرومتر. ويوجد لبعض المبيّنات مدى قياس ١٨٦ ($30 \equiv 150$ ميكرومتر).

ويستخدم المحول الفرقى أساسا مع الميكرومتر الكهربائي . وبالإضافة إلى استخدامه كميكرومتر كهربائي، يستخدم أيضا في التحكم الأتوماتيكي، كأطراف للكشف في حالة الأنواع المختلفة من الإزاحات الدقيقة .

وللميكرومتر الكهربائي ذي المحول الفرقى، الخصائص التالية :

(١) حساسية عالية للغاية .

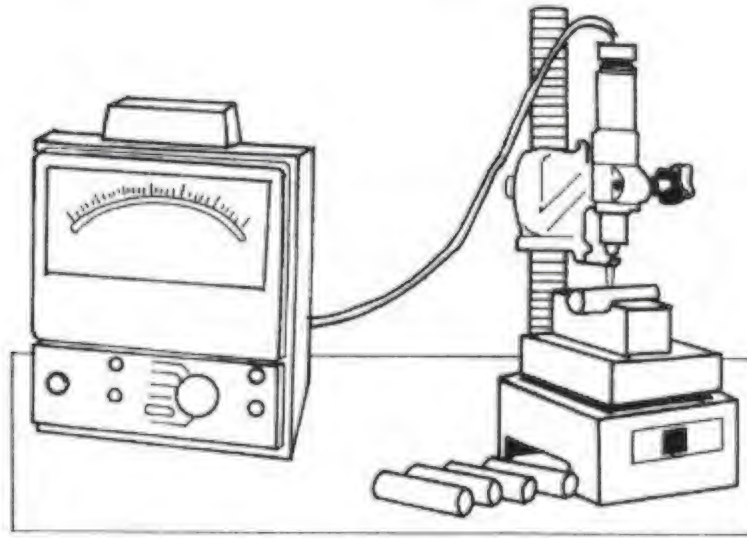
(٢) تكبير عالي . ويمكن الحصول على تكبير مختلف بالانتقاء .

(٣) آلية التحويل خالية من الأخطاء مثل الاحتكاك، ودقة الميكرومتر جيدة .

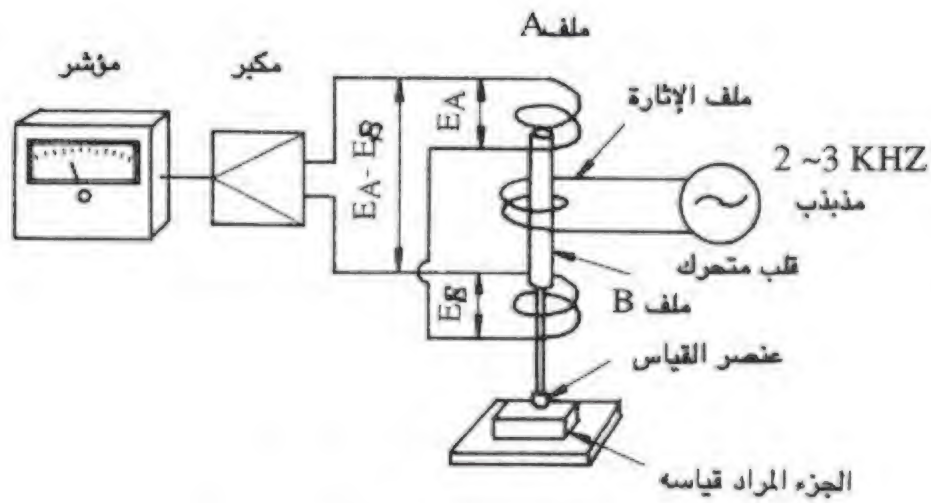
(٤) مدمج وسهل حمله من مكان لآخر ، ويمكن تركيبه في العمليات الصناعية بسهولة .

(٥) يمكن استخدامه بسهولة في مختلف أنواع التحكم الأتوماتيكي والتسجيل .

يستخدم الميكرومتر الكهربائي أيضا كمعدة قياس أبعاد أوتوماتيكية للتحكم في آلات التشغيل . وكما هو مبين في الشكل ٢-٤٠ ، تسمى المعدة التي تقيس المشغولات مباشرة أثناء التشغيل، والتي تعطي إشارات للتحكم في الآلة ، «المقياس أثناء العمليات». بينما تسمى المعدة التي تقيس قطعة التشغيل بعد التشغيل ، وتعيد نتائج القياس مرة أخرى إلى الآلة عن طريق إشارات، كما في الشكل ٢-٤١، «المقياس بعد العمليات».

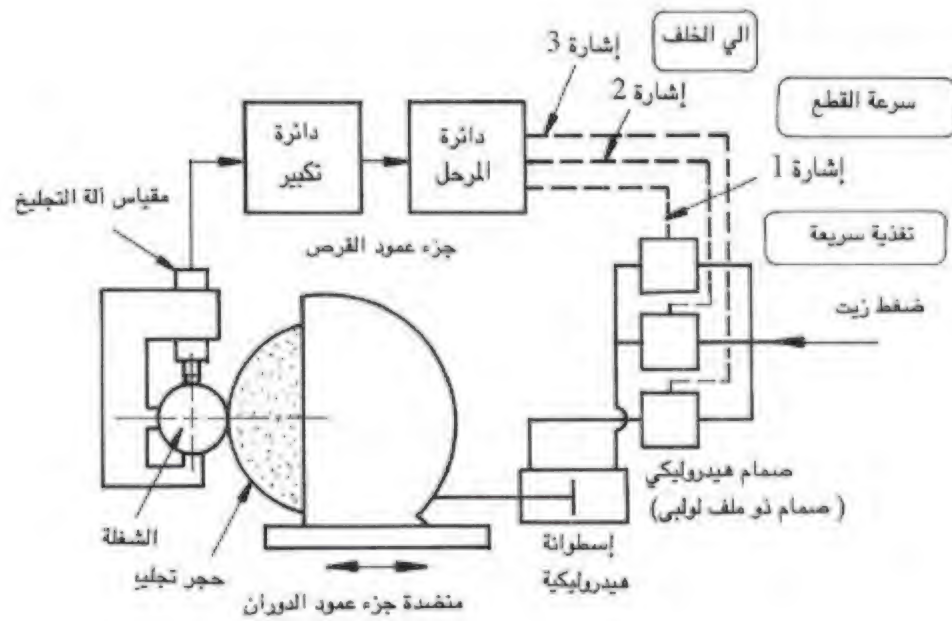


(أ) الشكل الخارجي



(ب) شكل تخطيطي

الشكل ٢- ٣٩ ميكرومتر كهربائي ذو محول فرقي (تفاضلي)



يستطيع المقياس ذو الكاشف قياس شغلة يراد تجليخها عندما تصل قيمة الجزء المقاس إلى القيمة التي تم ضبطها من قبل. تعمل الدائرة الكهربائية على إرسال إشارة كهربائية وتعمل الإشارة على تشغيل وإيقاف الصمام الهيدروليكي ثم يتم التحكم في حركة جزء عمود القرص

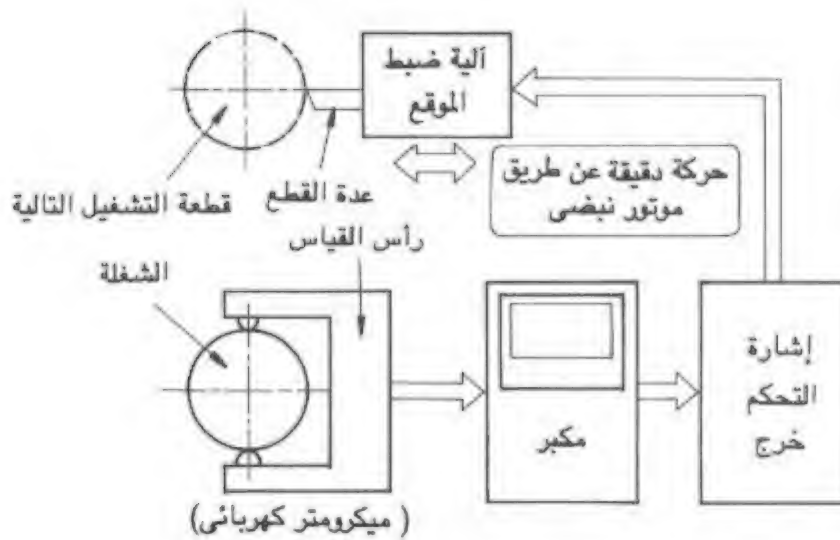
الشكل ٢ - ٤٠ معدات قياس أبعاد أوتوماتيكية في آلة تجليخ الاسطوانات

٢-٦-٤ نظام التحويل بالسعة الكهروستاتية (قياس بتحويل المكثف)

Electrostatic Capacity Conversion System

تُخزن الشحنة الكهربائية عند تطبيق فرق جهد بين قطبين معزولين كهربائياً . وفي هذا الوقت ، تتناسب سعة الكهرباء الساكنة طردياً مع مساحة الأقطاب المتقابلة، وعكسياً مع المسافة بينهما .

عند قياس أبعاد الشغلة بعد التشغيل ، يمكن التعويض عن موضع عدة القطع في حالة التشوه بالحرارة . ويتم التعويض بطريقة عكسية . وعندما يصل عدد مرات التعويض الى عدد مرات معين ، يتم إرسال إشارة لتغير عدة القطع .



الشكل ٢-٤ تصحيح التآكل في عدد القطع

$$C = \epsilon \frac{A}{l} \quad [F] \quad (2-11)$$

حيث:

C : سعة الكهرباء الساكنة (فاراد)

A : مساحة القطب (م^٢)

l : المسافة بين الأقطاب (م)

ε : سماحية العازل بين الأقطاب (فاراد/م)

ويسمح نظام التحويل بسعة الكهرباء الساكنة بالقياس بسرعة عالية ودرجة دقة عالية لمختلف الأبعاد بلا تلامس، بوحدات المليمتر . وبالإضافة إلى قياس سمك المعادن ، يمكنه قياس سمك ألواح الفينيل والأقمشة والأصناف الأخرى. كما يمكن قياس الزوايا الدقيقة عند دوران القطب نصف القرص . وباستخدام مادة سيراميكية تمتص الماء كعازل بين الأقطاب ، تتغير السماحية ϵ تبعاً لتغير الرطوبة، ويمكن أن يستخدم لقياس الرطوبة .

٢-٦-٥ نظام التحويل الكهروضوئي

Optoelectric Conversion System

تشمل الأجهزة التي تستقبل الضوء وتحوله إلى إشارات كهربائية الترانزستورات الضوئية، وخلايا كبريتات الكاديوم والخلايا الكهروضوئية.

[١] الترانزستور الضوئي Phototransistor

بإضافة كمية صغيرة جداً من الشوائب، إلى بعض المواد الغير موصله ، مثل السليكون ، يمكن الحصول على نوعين من أشباه الموصلات بخصائص مختلفة . وبتوصيل هذين النوعين من الأشباه موصلات مع بعضهما وإسقاط ضوء عند نقطة الوصلة ، تنبعث الكترونات ضوئية وتتولد قوة دافعة كهربائية . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهروضوئي ، حيث يمكن تحويل كمية الضوء إلى كمية كهربائية .

والترانزستور الضوئي مدمج وذو حساسية عالية، ويستخدم بكثرة في مجالات مختلفة من استخدام أجهزة القياس ، وكأجهزة في الاتصالات الضوئية وكجهاز الكتروضوئي في التحكم الأتوماتكي. والثنائي الضوئي هو مجموعة مؤلفة من الثنائي المشع للضوء (LED) ، الذي يشع ضوءاً ساطعاً نسبياً بتيار صغير وترانزستور ضوئي .

[٢] خلية كبريتات الكاديوم Cadmium Sulfide Cell

من خصائص أشباه الموصلات المصنوعة من كبريتات الكاديوم (CdS)، أن المقاومة الكهربائية لها تنخفض عند تعرضها للضوء . وهي تستخدم بكثرة في كشف الأشعة المرئية وتحت الحمراء . ولها حساسية عالية ولكن استجابتها بطيئة . وتستخدم كمقاييس للتعرض ، وكدوائر عد أوتوماتيكية بطيئة نسبياً ، ومفاتيح أوتوماتيكية ، وكأغراض أخرى .

[٣] الخلية الكهروضوئية Photovoltaic Cell

تنقسم الخلايا الكهروضوئية إلى أشباه موصلات من النوع السيليكوني أحادي البلورة، والنوع غير المتبلور، ونسبة التحويل الكهروضوئية هي 14% - 10 في الخلايا أحادية البلورة، و 8% - 7 في الخلايا غير المتبلورة. وتنتشر الخلايا الكهروضوئية بسرعة كمصادر إمداد بالقدرة (عدة عشرات إلى عدة مئات من الوات تقريبا) في الأنظمة التي لا يديرها الإنسان في الجبال والمناطق البعيدة ، وكبديل للبطاريات الصغيرة في الحاسبات الالكترونية والساعات .

٦-٦-٢ نظام التحويل الكهربائي الإجهادي

Piezoelectric Conversion System

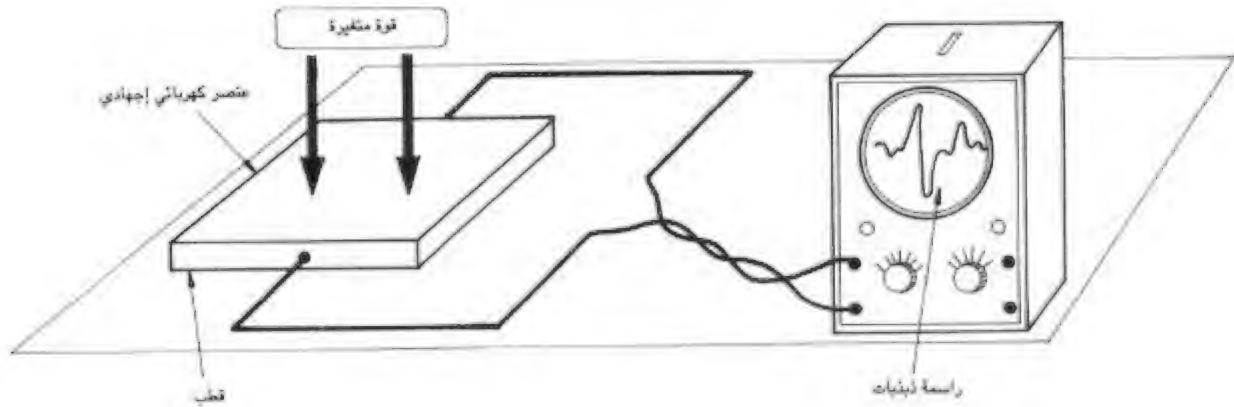
عند وضع قوة شد أو ضغط على بلورات مثل الكوارتز، يتولد جهد على أسطحها . وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير الكهربائي الإجهادي، ويتناسب الجهد المتولد مع القوة التي تسبب الإنفعال ، وتكون الاستجابة سريعة تمكن من استخدامها في قياس الإهتزازات وقوى التصادم . ويبين الشكل ٢-٤٢، المعدة التي تقيس تغيرات الإجهاد باستخدام راسمة الذبذبات (ارجع إلى الفقرة الفرعية [٤] التالية) .

٧-٦-٢ نظام التحويل المغنطيسي (المقياس المغنطيسي)

Magnetic Conversion System (Magnetic Scale)

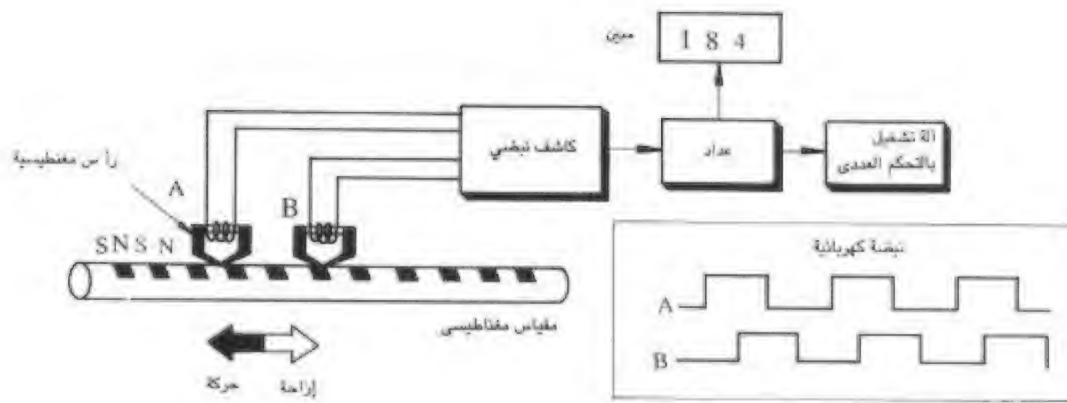
تُرتب قضبان قصيرة من الصلب MK (أحد أنواع الصلب المغنطيسي مكون من 25-27% نيكل، 12-15% ألومنيوم، وأقل من 4% نحاس، وأقل من 4% من التيتانيوم، والباقي من الحديد) وهي مغنطيسات دائمة، على مسافات متساوية أو بشكل شريط مغنطيسي مستقيم يتمغنط بالتبديل N-S، S-N، N-S، ويسمى المقياس المغنطيسي، ويستخدم لقياس الأطوال،

وبتحريك رأس مغنطيسية، تتولد نبضات كهربائية بين الملفات A, B



الشكل ٢-٤٢ التأثير الكهربائي الإجهادي

كما في الشكل ٢-٤٣، ويتم عدّ هذه النبضات الكهربائية لتعيين كمية التحرك . ويمكن تعيين إتجاه التحرك عن طريق القص الزمني بين الملفين A, B. ويفرض أن المقياس المغنطيسي يتحرك ناحية اليمين، فإن قمم الملف B تصل بعد وصول قمم الملف A .



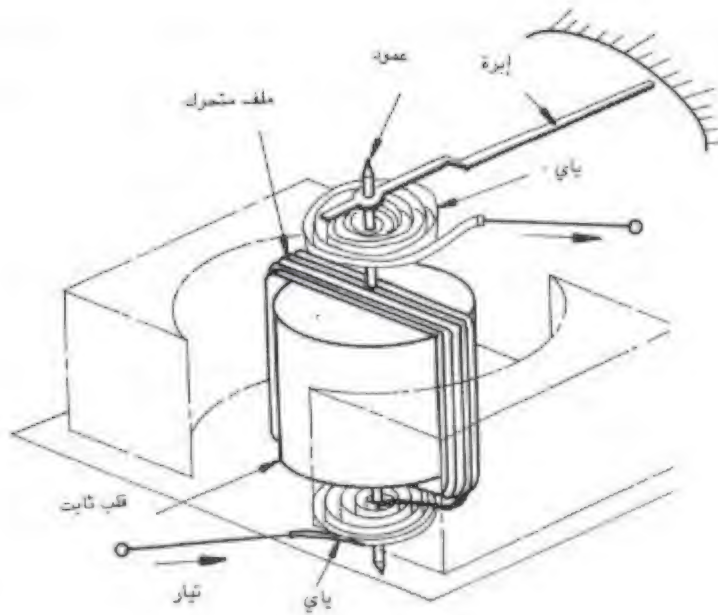
الشكل ٢-٤٣ قياس الطول عن طريق التحويل المغنطيسي

يقاوم عنصر القياس هذا ، البقع والزيوت وهو خالي من أخطاء الحركة الارتجاعية الناتجة من العجلات المسننة والمسامير المسننة . ويثبت في أجهزة القياس ، وآلات التشغيل ذات التحكم العددي (ارجع إلى الجزء ٧ - الفصل العاشر) ، ومعدات أخرى للقياسات الرقمية .

٢-٦-٨ أجهزة القياس ذات المؤشر Indicating Instruments

[١] الفولتметр والأميتر Voltmeter and Ammeter

تستخدم أجهزة القياس ذات الملف المتحرك كأجهزة قياس لتبين الجهد والتيار في حالة التيار المستمر. وكما في الشكل ٢-٤٤ ، يثبت بأجهزة القياس ذات الملف المتحرك ملف متحرك له إبرة بيان، يمكنها الدوران داخل مغنطيس N-S .



عندما يمر تيار في الملف المتحرك تنتج قوة كهرومغناطيسية عن طريق مغنطيس ، وتجعل الملف المتحرك يدور . وعندما تتوازن قوته مع عزم الياي ، يتوقف عن الدوران. وتبين إبرة المبين الزاوية ببعاً لقيمة التيار في الملف .

الشكل ٢-٤٤ جهاز قياس ذو ملف متحرك

[٢] الأومتر (مقياس المقاومة) Ohmmeter

يجعل الأومتر، المستخدم لقياس المقاومة الكهربائية، الجهد المؤثر على نهايتى المقاومة الكهربائية ثابتاً، ويبين التيار الذى يتناسب عكسياً مع المقاومة الكهربائية وهذه الطريقة هى طريقة القياس بالانحراف ، وهي تبين القيمة المقاسة مباشرة . وتكون دقة البيان للأجزاء ذات المقاومة العالية منخفضة .

ونوصي باستخدام قنطرة هويتستون كما فى دائرة قياس مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة فى حالة الدقة العالية .

[٣] المسجل Recorder

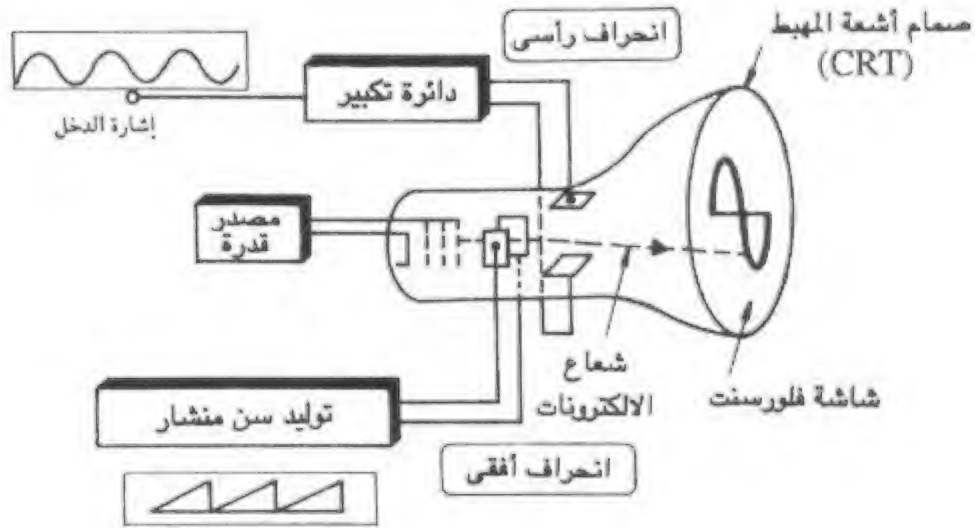
تشمل المسجلات، التي تعمل مباشرة ، والتي يثبت فيها قلم تسجيل على مؤشر جهاز القياس ذي الملف المتحرك مثل الفولتمتر والمسجل ذي الاتزان الذاتى ،(انظر الشكل ٢-٤٥)، والذي يتزن عن طريق محرك مؤازرة (سيرفوموتور) ،(ارجع إلى الفقرة ٢ - الجزء ٤ - الفصل التاسع) .

[٤] راسمة الذبذبات Oscillograph

يمكن ملاحظة الظواهر كأشكال موجية عند إدخال إشارة كهربائية باستخدام صمام أشعة المهبط (CRT) . وتستخدم راسمة الذبذبات التي تعتمد على هذا المبدأ ،(انظر الشكل ٢-٤٦)، فى تحليل الحركة السريعة مثل دوران محركات الاحتراق الداخلى أو الظواهر اللحظية مثل الصدمات .



الشكل ٢-٤٥ مسجل ذو توازن ذاتي



يضيئ شعاع الالكترونات على شاشة فلورسنت ويتم إمداد جهد سن المنشار بلوح الانحراف الأفقى .
وينجذب شعاع الالكترونات إلى الجانب الموجب ثم ينحرف إلى اليمين أو اليسار على الشاشة . وتدخل إشارة الدخل وتعرض الأشكال الموجية على الشاشة الفلورسنت .

الشكل ٢ - ٤٦ مبادئ راسمة الذبذبات (أو سيلوجراف)

تمرين ١٢

ماهى العلاقة التى تربط المقاومة الكهربائية والتيار المار فى الأومتر ؟

تمرين ١٣

فكر فى طريقة قياس باستخدام راسمة الذبذبات .

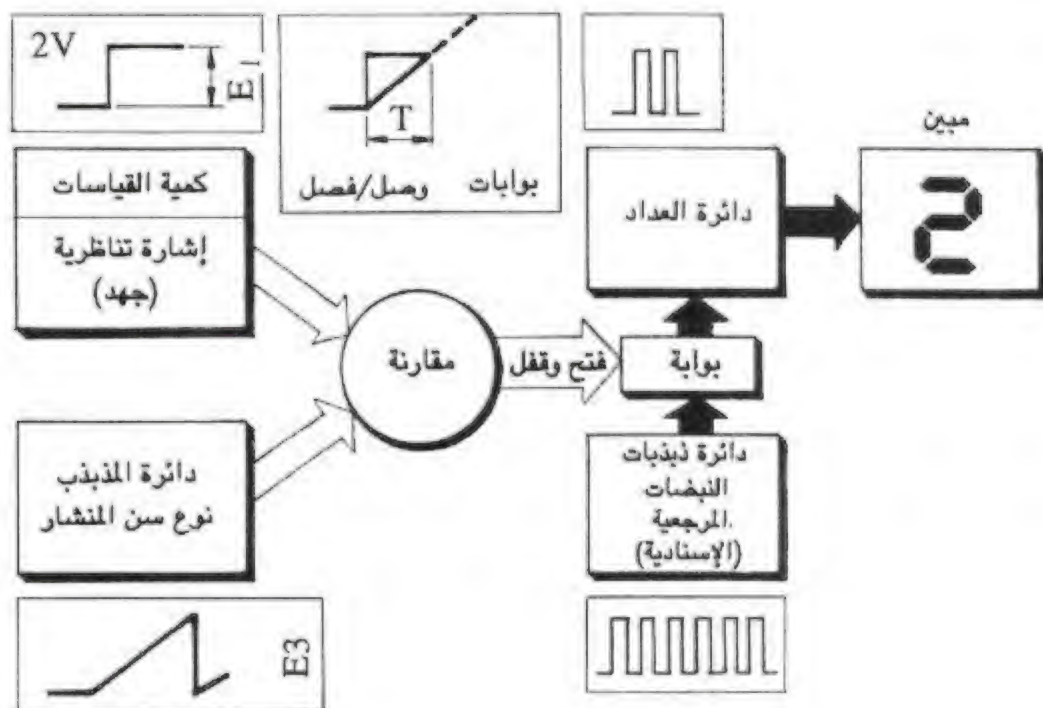
٩-٦-٢ تحويل الإشارات من تناظرية إلى رقمية AD Conversion

تستخدم أنظمة مختلفة للتحويل (AD) وفيه تتحول الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية . وتشرح هذه الفقرة نظام عد النبضات، ففي هذه الطريقة تتحول كمية القياس إلى جهد ، يتم استبداله بالزمن، ويظهر عدد النبضات المرجعية خلال هذا الوقت .

وباستخدام دائره مذبذب سن المنشار ، يتزايد جهد سن المنشار بنسبة ثابتة وتتم مقارنة الجهد الذي يتم قياسه، كما في الشكل ٢-٤٧. وفي البداية، تفتح البوابة عندما يظهر الجهد المقاس. وتولد دائرة مذبذب النبضات المرجعية ، نبضات على فترات منتظمة تقريبا تدخل باستمرار في دائرة العد من خلال البوابة . وفي نفس الوقت تقفل البوابة ، عندما يزداد جهد سن المنشار ويتساوى مع الجهد الذي يتم قياسه . ويتم بيان عدد النبضات، التي دخلت دائرة القياس أثناء فترة فتح البوابة وحتى قفلها ، رقميا .

تمرين ١٤

في الشكل ٢-٤٧ ، ماذا يمكن عمله لتحسين حساسية جهاز القياس؟



الشكل ٢-٤ التحويل التناظري الرقمي (طريقة عدّ النبضات)

٢ - ٧ استخدام أجهزة قياس الشكل Instrumentation of Shape

١ - ٧-٢ أجهزة القياس الضوئية Optical Measuring Instruments

تستخدم أجهزة القياس الضوئية، بشكل عام، عند ضرورة قياس الأجزاء ذات الأشكال المركبة (المعقدة)، مثل المسامير المسننة والعجلات المسننة (محدبات)، بدقة .
وتستخدم حالياً أجهزة قياس ثلاثية الأبعاد بمساعدة الحاسب.

[١] مجهر العدّة Tool Microscope

يبين الشكل ٢-٤٨، المنظر الخارجي والمسار الضوئي لمجهر العدّة.

ويمكن أن يستخدم مجهر العدّة كجهاز إسقاط ، كما يمكن استخدام بعضها في قياس الارتفاعات .

[٢] جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة

Universal Profile Projector

يبين الشكل ٢-٤٩، المسقط الخارجي والمسار الضوئي لجهاز الإسقاط العام. ومن الممكن أن نقوم بعمل مقارنة مع الصور المسقطة، وذلك بوضع رسم تخطيطي مرجعي مكبر على الشاشة .

٢-٧-٢ أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد

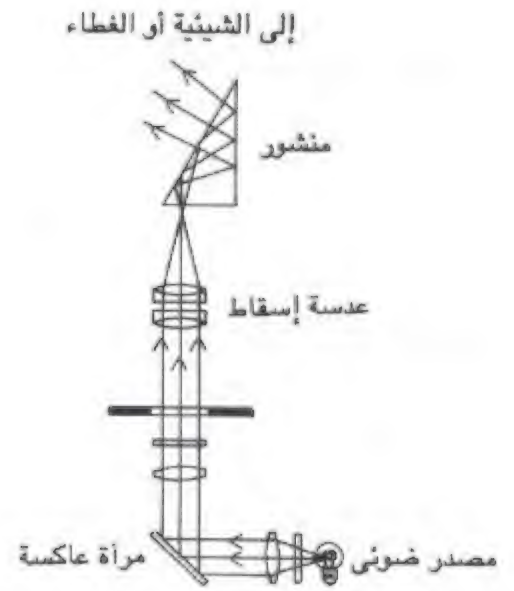
Three- dimensional Measuring Instruments

تقوم أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد بقياس أبعاد وأشكال القطع المشغلة بجعل محاور أجهزة القياس X ، Y ، Z في اتجاهات الأفقي ، والطولي والرأسي .

وتقاس بيانات (معلومات) إحدى النقاط بالنسبة للثلاثة محاور في نفس الوقت ، وبهذا تتحقق دقة عالية وسرعة عالية في القياس ، بالإضافة إلى إمكانية معالجة البيانات وتسجيلها، وذلك بتوصيل أجهزة القياس إلى حاسب دقيق أو حاسب آخر .



(أ) الشكل الخارجي



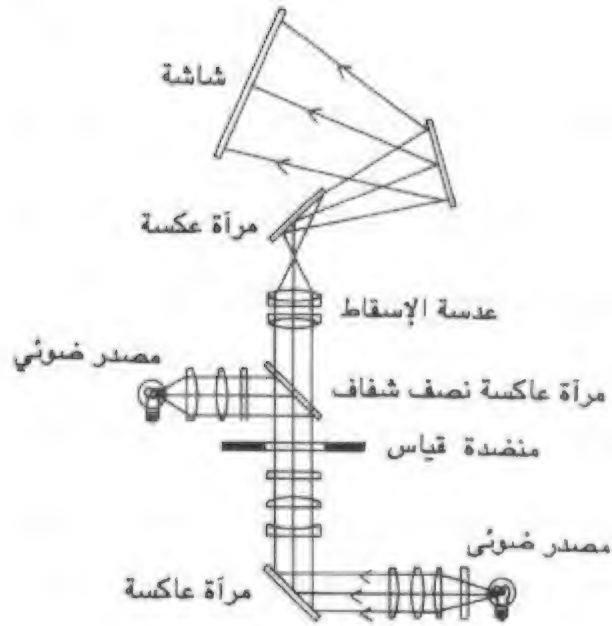
(ب) المسار الضوئي

يجهز جزء القياس بحامل قياس يتحرك للأمام والخلف واليمين واليسار على منضدة دوارة . ويشمل نظام التكبير مجهر بمعامل تكبير 10 - 50 مرة وينقل الجزء (المراد قياسه) بالنسبة لخط صليبيه في مجال الرؤية. يمكن قراءة الإزاحة بواسطة ميكرومتر ، ويمكن قراءة الزاوية بمقياس دائري على منضدة دوارة بدوران الجزء المراد قياسه ، أو مقياس دائري على العينية بدوران خط الصليبيه في مجال الرؤية .

الشكل ٢ - ٤٨ مجهر العدة



(أ) الشكل



(ب) مسار الضوء

يتم إسقاط الجزء المراد قياسه على الشاشة الزجاجية المسنفرة مع تكبير 10-100 مرة .

الشكل ٤٩-٢ جهاز إسقاط عام لقياس المظهر الجانبي

وتعطي أجهزة القياس ثلاثية الأبعاد المزايا التالية :

(١) يمكن قياس الأبعاد بوضع الأجزاء التي يراد قياسها في وضع واحد فقط على لوح سطحي ، بدلا من القياس بتغيير وضع تثبيت الجزء كما سبق . وبهذا تتحقق كفاءة عالية إلى حد بعيد .

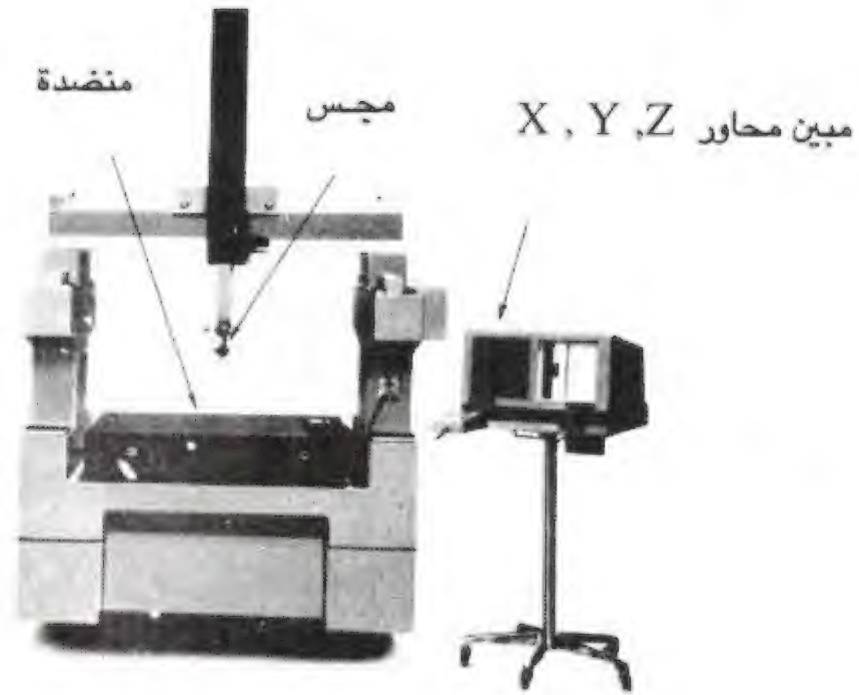
(٢) يمكن قراءة القيم المقاسة أوتوماتيكيا، ويمكن القيام بالقياسات بطريقة أوتوماتيكية . وتكون النتائج أكثر فعالية إذا كان للأجزاء التي يراد قياسها نقط أكثر يلزم قياسها وأشكال أكثر صعوبة. ويمكن القيام بالقياسات، التي كانت صعبة للغاية من قبل، بسرعة مثل القيام بقياس الأسطح المنحنية الحرة .

(٣) بإضافة معالج بيانات ، يمكن القيام بالحسابات المختلفة ورسم الأشكال بسهولة، وتحسن قدرة القياس بدرجة عالية .

ويبين الشكل ٢-٥ المسقط الخارجي لجهاز القياس ثلاثي الأبعاد .

في القياسات ، توضع قطعة التشغيل على المنضدة ويتم تحريك المجس Probe (كاشف لتحديد الموضع عند نقطة القياس). ويستخدم كرسي تحميل كروي أو هوائي كآلية لتوجيه الحركة . وتستخدم آلية تغذية بمسمار مسنن إذا تطلبت القياسات درجة دقة عالية أو تحولت القياسات إلى الأوتوماتيكية لتحريك الموتور بالتحكم بواسطة الحاسب. وتستخدم المحاور Z, Y, X وحدة قياس الطول لنظام البيان الرقمي . وهي تستخدم كاشفات إشارة رقمية مثل المُشفرات الخطية ومقاييس هُذب مَوَّار والأجهزة الكهروضوئية الأخرى ، والمقاييس المغناطيسية وآلات قياس الطول بتداخل الليزر .

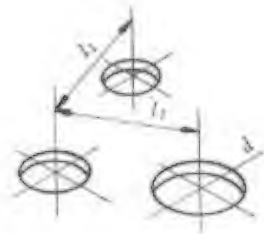
وبوضع المجس ملامسًا لسطح القياس ، يتم عرض الإحداثيات Z, Y, X لنقط التلامس لتسجيلها على مسجل أو لإدخالها على حاسب يتصل به.



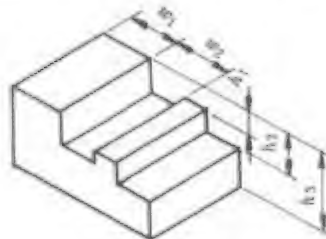
الشكل ٢-٥. جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

ويمكن استعمال جهاز القياس ثلاثي الأبعاد بكفاءة أكثر بتوصيله مع معالج بيانات واستخدام برامج. ويستطيع الحاسب حساب بيانات الدخل ، ويطبع النتائج ويبين الرسوم البيانية باستخدام راسمة X-Y أو المعدات الأخرى ويبين الشكل ٢-٥١ ، أمثلة قياسات بواسطة أجهزة قياس ثلاثية الأبعاد.

قطر الثقب الأبعاد بين مراكز الثقوب

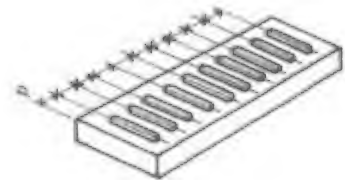


من سطح الى سطح - الارتفاع - أبعاد خطوية

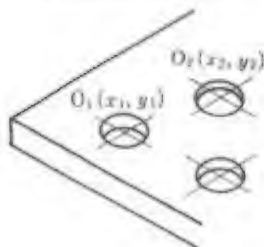


(أ) قياس الأبعاد

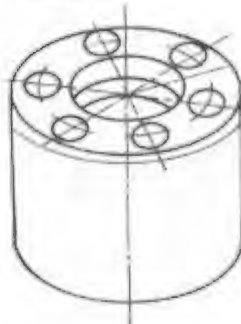
أبعاد الخطوة



إحداثيات مراكز الثقوب

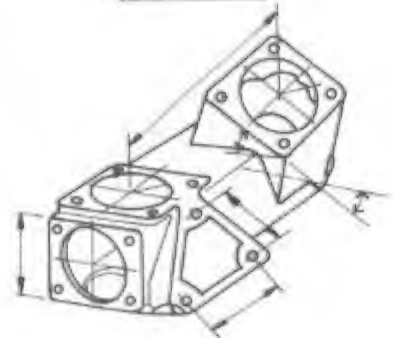


إحداثيات قطبية



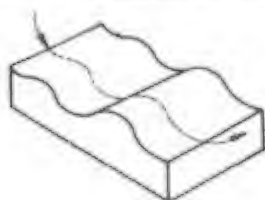
(ب) قياس الإحداثيات

شكل جامد



(ج) قياس الجواند

شكل مقطعي لسطح منحنى رأسياً (بعدين)

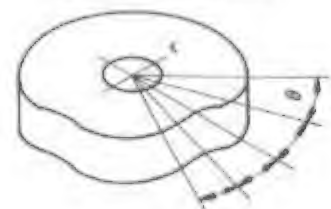


شكل سطح منحنى حر



(د) قياس المظهر الجانبي

شكل سطح منحنى إسطوانى



الشكل ٢-١٥ انقياس عن طريق جهاز القياس ثلاثي الأبعاد

٢ - ٨ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح

Instrumentation of Surface Roughness

المعادن التي يتم تشغيلها لها أسطح معقدة للغاية حيث ترتفع وتنخفض بشكل غير منتظم وتسمى الأسنان الصغيرة والنتوءات، التي توجد في طول مرجعي ثابت، بخشونة السطح. فإذا كانت أطوال الموجات أكبر منها تسمى التموجات السطحية. ولخشونة السطح علاقة وثيقة بالاحتكاك، والتآكل، والتفاوتات في الأبعاد، وعوامل أخرى للأسطح التي يتم تشغيلها، وتؤثر على مظهر الأسطح التي يتم تشغيلها.

٢-٨-١ طريقة التعبير عن خشونة السطح

تحدد المواصفات الصناعية اليابانية JIS ثلاث طرق للتعبير عن خشونة السطح (انظر الجدول ٢-٤).

٢-٨-٢ استخدام أجهزة قياس خشونة السطح

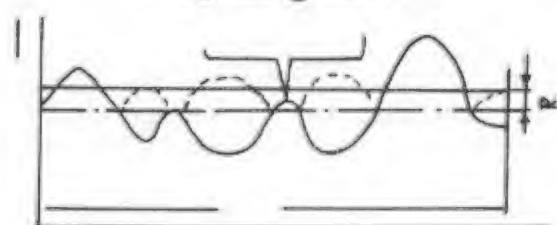
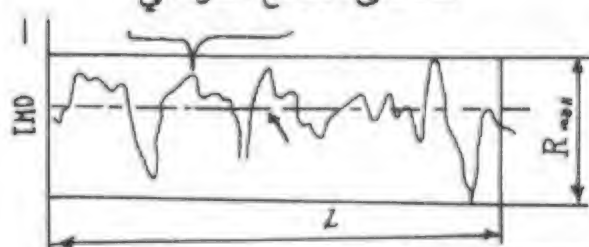
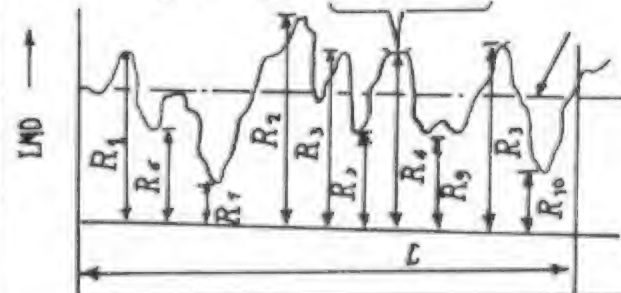
تقاس خشونة السطح بواسطة طريقة المتتبع، وطريقة تداخل موجات الضوء وطرق أخرى. و تستخدم طريقة المتتبع في أغلب الحالات.

[١] مقياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

Tracer - method Surface Roughness Meter

يتحرك كاشف مثبت على زلاقة بها إبرة تسجيل ودليل على السطح المراد قياسه، كما في الشكل ٢-٥٢. ويتم تكبير إشارات الحركة الرأسية لإبرة التسجيل نتيجة لشكل سطح القياس، وذلك لرسم منحنيات مقطعية على مسجل. وحالياً، يوضع حاسب دقيق خاص في وحدة الحسابات الكهربائية لعمل حسابات سريعة.

الجدول ٢-٤ طرق التعبير عن خشونة السطح

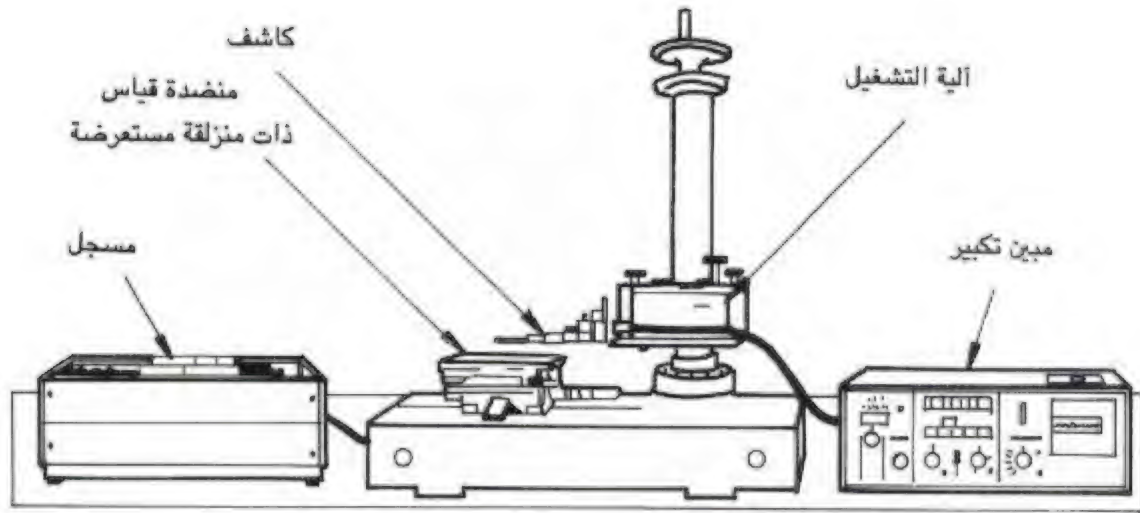
النوع	الشرح
<p>١) الخشونة المتوسطة لخط المنتصف (Ra) منحنى الخشونة</p>  <p>طول القياس — خط المنتصف</p>	<p>استخلاص طول القياس من منحنى الخشونة، والمجموع الكلي لمساحة الجزء المحصور بين خط المنتصف ومنحنى الخشونة هو M ، وباستخدام المعادلة التالية يكون $Ra = M/L$. ويمكن بيان القيمة مباشرة عن طريق مقياس القراءة المباشرة بسهولة . وهي تستخدم كثيراً في هذه الأيام .</p>
<p>٢) الإرتفاع الأقصى (Rmax) منحنى المقطع العرضي</p>  <p>الخط المتوسط — الطول المرجعي</p>	<p>استخلاص الطول المرجعي من منحنى المقطع العرضي ، وإتجاه التكبير الطولي بين خطين مستقيمين متوازيين ، مع الخط المتوسط لمنحنى المقطع العرضي ، يمكن أن يعبر عن أقصى ارتفاع .</p>
<p>٣) الخشونة المتوسطة لعشر نقاط (Rz) منحنى المقطع الطولي</p>  <p>الطول المرجعي</p>	<p>استخلاص الطول المرجعي من منحنى المقطع العرضي ، وقياس المسافة بين 5 قمم علوية وخطوط مستقيمة متوازية مع الخط المتوسط ، وليست عبر منحنى المقطع العرضي والقياس بين أدنى 5 نقاط قاعية وخطوط مستقيمة ، ويمكن التعبير عن الفرق لكل قيمة متوسطة 5 بالخشونة المتوسطة لعشر نقاط R_z .</p> $R_z = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5} - \frac{R_6 + R_7 + R_8 + R_9 + R_{10}}{5}$

(ارجع الى JIS B 0601-1982)

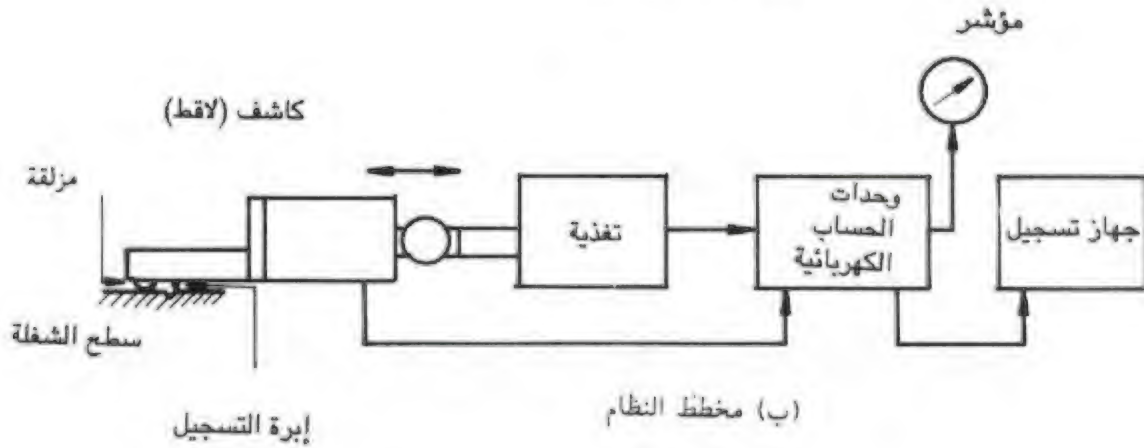
ملحوظة : LMD : إتجاه التكبير الطولي

RD : إتجاه التسجيل

L : الطول المرجعي



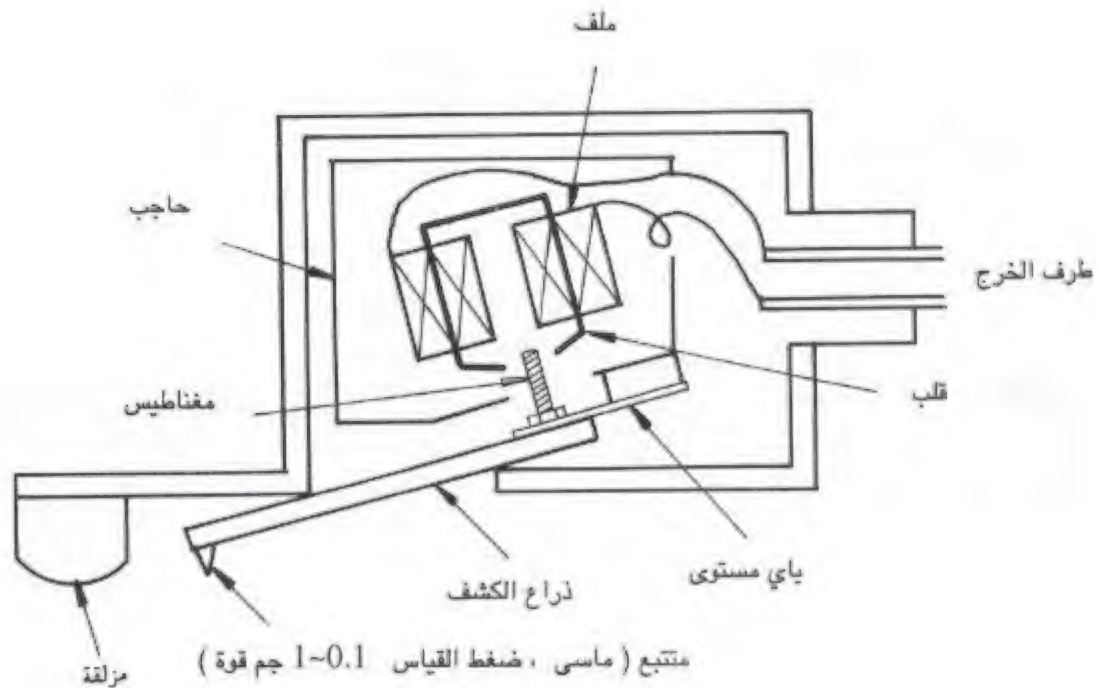
(أ) الشكل الخارجى



الشكل ٢-٥٢ قياس خشونة السطح بطريقة المتتبع

ويبين الشكل ٢-٥٣، كاشف من النوع المغنطيسى المتحرك. وتعتمد الأنواع الأخرى على تحويل المحالة والمحول الفرقى، (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٦ - الفصل الثانى) .

عن طريق الحركة الرأسية للمتتبع ، يتحرك المغناطيس حركة دائرية في جزء تثبيت الياي المستوى ، ونتيجة لذلك يحدث تغير في الفيض المغناطيسي في الملف وتنتج قوة دافعة كهربائية نتيجة الحث الكهرومغناطيسي .

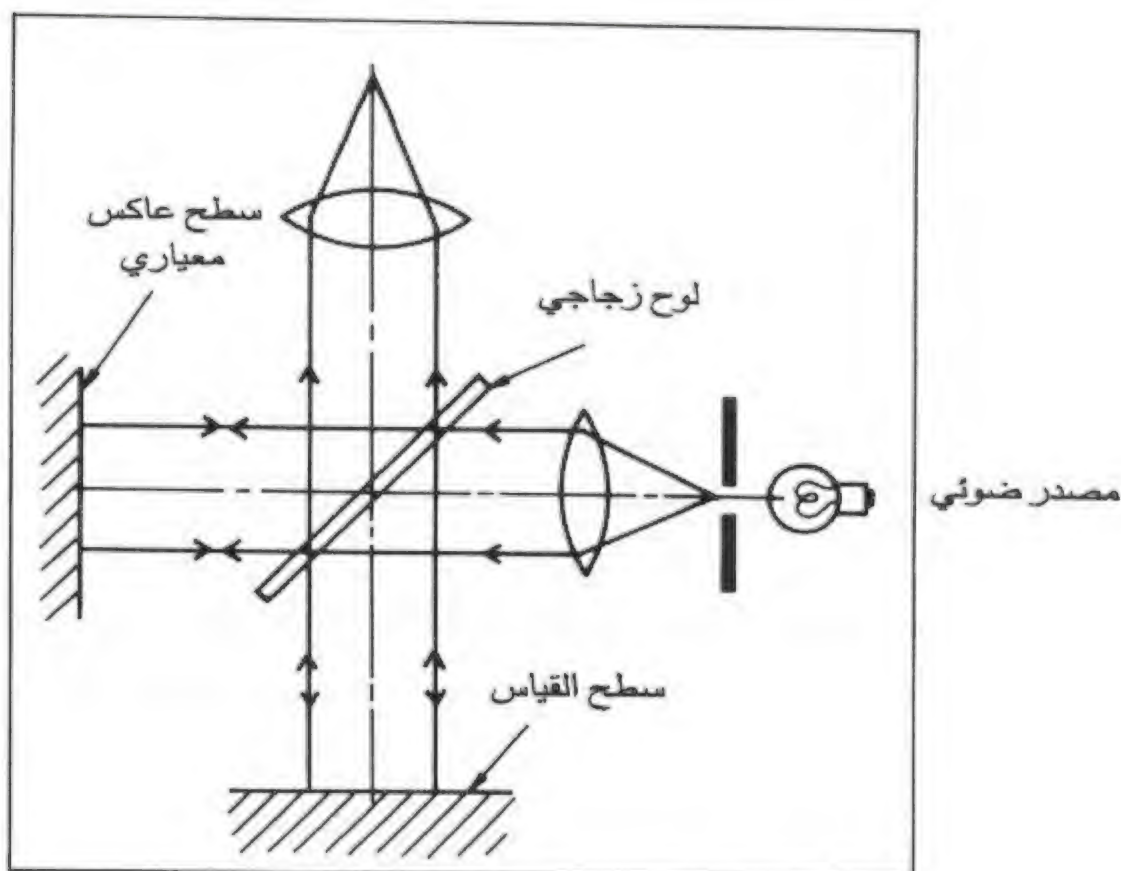


الشكل ٢-٥٢ تركيب الكاشف

[٢] مقياس خشونة السطح من نوع تداخل موجات الضوء

تستخدم طريقة تداخل موجات الضوء لقياس خشونة الأسطح الناعمة تقريبا مثل أسطح المرايا ومع هذا ، فإن مدى القياس يكون محدوداً ، ويمكن لهذه الطريقة أن تقيس بدقة وبدون تلامس وبدون تشويه الأسطح المقاسة .

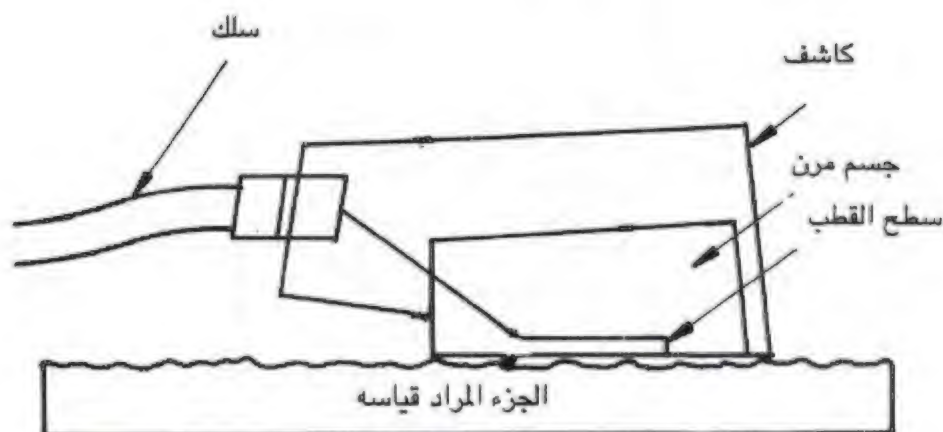
ويبين الشكل ٢-٥٤ ، أساسيات عملها ، فيتم تكبير هُـدُب التداخل الناتجة على سطح انعكاس قياسي والسطح المقاس بواسطة مجهر ، وتقاس خشونة السطح بالملاحظة أو بالتصوير الفوتوغرافي .



الشكل ٢-٥٤ مبدأ تداخل الموجات الضوئية

[٣] مقاييس أخرى لخشونة السطح

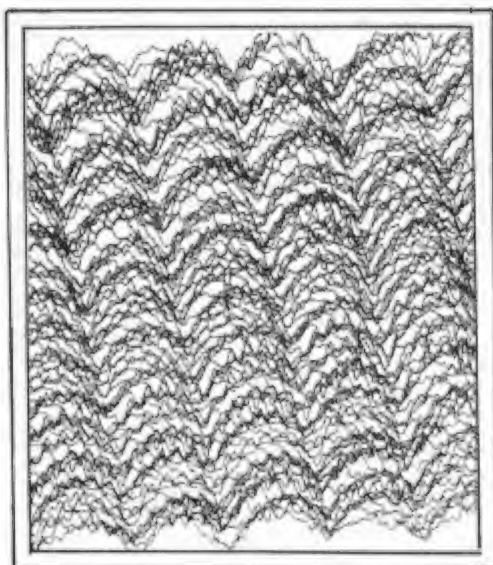
يستخدم حالياً ، مقياس خشونة سطح بسيط من النوع السعوي الكهربائي ، وهو يقيس ببساطة انحراف المتوسط الحسابي للمظهر الجانبي (R_a) ، وكما يظهر في الشكل ٢-٥٥ ، تكشف هذه الطريقة التغيرات في السعة الكهربائية بين ألواح أقطاب الكاشف بسبب الخلوصات الصغيرة الناتجة من شكل السطح المقاس .



الشكل ٥٥-٢ كاشف من نوع السعة الكهربائية

وتقيس مقاييس خشونة السطح ثلاثية الأبعاد خشونة السطح تماماً، بالإضافة إلى R_z , R_{max} , R_a فقط .

ويبين الشكل ٥٦-٢، رسماً بيانياً مكبراً ، يسجل في وقت واحد أكثر من 100 منحنى قطاعي، بإدخال سطح مفرز طولياً على فترات ثابتة. والمنحنى القطاعي العادي هو أحدها فقط. وتفيد هذه الطريقة في معرفة اتجاه أحد أسطح التشغيل تماماً.



عينة القياس : سطح مفرز

ظروف القياس :

التكبير الطولي (Z) 2000 مرة

التكبير الجانبي (X) 20 مرة

التكبير المستعرض (Y) 20 مرة

(خطوة التسجيل 2مم)

(خطوة التتبع 100 ميكرومتر)

يبين الشكل جزء من المساحة

التي يتم قياسها

(6 مم × 9.5 مم)

الشكل ٢-٦ قياس خشونة السطح في الثلاثة أبعاد

تمريـنات

١ - اشرح أسباب تغيير المرجع فى الطول من المعيار الخطي إلى موجات الضوء وإلى سرعة الضوء .

٢ - اذكر أسباب استخدام قوالب القياس المعيارية فى المصانع وغرف التفتيش بكثرة .

٣ - إذا كان طول مقياس طولي نحاسي (معامل التمدد الطولي $19 \times 10^{-6} C^{-1}$) هو 1000 مم عند قياسه بمقياس معياري (معامل التمدد الطولي: $11.5 \times 10^{-6} C^{-1}$) مصنوع من صلب خاص .

فإذا كانت درجة حرارة المقياس المعياري والمقياس الطولي هي $25^{\circ} C$ و $30^{\circ} C$ فما هو طول المقياس الطولي عند درجة الحرارة المعيارية ($20^{\circ} C$)؟

(الإجابة : 999.868 مم)

٤ - إذا كانت درجة حرارة قالب قياس معياري طوله 100 مم موضوع فى مكان هي $15^{\circ} C$ ، قد زادت بمقدار $15^{\circ} C$ نتيجة حرارة اليد .

فما هو بُعد قالب القياس المعياري عند هذا الوقت ؟

معامل التمدد الطولى لقالب القياس المعياري هو ($11.5 \times 10^{-6} C^{-1}$)

(الإجابة: 100.0115 مم)

٥ - اشرح استخدامات مسمار ضبط القدمة ذات الورنية وماسك الميكرومتر .

٦ - ماهى الأسباب المحتملة لأخطاء الميكرومتر ؟

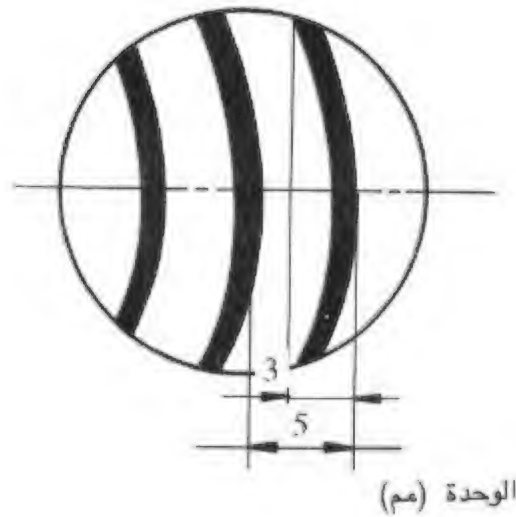
٧ - احسب مقدار الإنفعال المرن عند ضغط سطحين كرويين معاً، أقطارهما 15 , 20 مم ، في حالة ضغط قياس يساوى 1.5 كجم قوة (kgf).

(الإجابة: 1.2 ميكرومتر)

٨ - اشرح المميزات التي يحققها الذراع الضوئي .

٩ - بالنظر إلى هُدْب التداخل في الشكل ٢-٥٧ ، وبافتراض أن المسافة المركزية لهُدْب التداخل هي 5 مم ، وأن منحنيات هُدْب التداخل هي 3مم، وأن طول موجة الضوء هو 0.6 ميكرومتر، فما هو مقدار الإستواء؟ (أنظر الشكل ٢-٢١) .

(الإجابة: 0.2 ميكرومتر)



الشكل ٢-٥٧

١٠- اذكر أمثلة لاستخدام أشعة الليزر . و اشرح أسباب استخدام أشعة الليزر فى مجالات مختلفة .

١١- اذكر أمثلة لاستخدام المُشفرات النبضية والدوارة .

١٢- اشرح أسباب تفضيل الميكرومتر الهوائي فى قياس الأقطار الداخلية.

١٣- اشرح أمثلة القياسات التى يستخدم فيها مقياس الانفعال ذو سلك المقاومة .

١٤- احسب التغيرات فى قيمة المقاومة فى حالة انفعال مقداره 0.005 على مقياس الانفعال مع مقاومة قيمتها 120 أوم ، بفرض أن معامل المقياس هو 2.2 .

(الإجابة: 1.32 أوم)

١٥- أعد تصنيف للميكرومترات الكهربائية بناءً على تركيبها الكهربائي، واذكر أمثلة للمقاييس النموذجية .

١٦ - اذكر طرق تحويل الإزاحات التالية كهربائيا :

(١) إزاحة خطية لا تتطلب دقة .

(٢) إزاحة خطية دقيقة .

(٣) كمية الضوء .

(٤) إزاحة دائرية تتطلب دقة .

(٥) البيان الرقمى لحركة مسمار مسنن برأس كروية .

هوامش

(١) الفرق بين القيم العظمى والصغرى فى الرسم البيانى للأخطاء لكل مدى القياس عندما يدخل العمود .

(٢) دقة الذهاب لأول 1 مم (المدى الضيق) فى مدى القياس عندما يدخل العمود

(٣) الفرق بين الأخطاء فى أوضاع العمود هي مسافة 0.1 مم فى المدى الضيق فى كلتا الحالتين عندما يدخل العمود أو يخرج .

(٤) ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢ - الفصل الثانى .

(٥) أقصى فرق فى القيم المبينة عندما يتكرر القياس فى الحالة التالية فى وضع اختياري لمدى القياس :

(أ) اصطدام عنصر القياس بمستوى بحيث لا يحدث له تشويه، بقدر الإمكان ، فى حالة سرعات مختلفة .

(ب) حرك لوح مستوى متوازي متلامس مع عنصر القياس فى أى اتجاه داخل مستوى رأسى واحد على خط محور العمود .

(٦) كمية انحراف الجزء المستقيم من الآلة من الخط المستقيم الحقيقى.

(٧) فى تجميعه لأجزاء مستقيمة ومستوية لآلة، والتي يجب أن تكون متوازية، فإن قيمة القص تأخذ فى الاعتبار الجزء المستقيم والمستوي المتعامدان على بعضهما كمرجع .

(٨) عاكس مطلي بالفضة ليمرر $1/2$ الضوء الساقط .

٩) قرص مصنوع من زجاج ذي نوعية عالية أو زجاج كوارتز وله استواء جيد للغاية على أحد الجانبين أو كلاهما، (JIS B 7430 - 1977).

١٠) طريقة قياس لتحقيق كمية تم تعريفها واستعمالها .

١١) كلمة «ليزر» تعنى تكبير الضوء بالانبعاث المحفز للإشعاع . فى سنة ١٩٦٠، نجح ميمان Meimann من الولايات المتحدة فى الحصول على شعاع ليزر باستخدام الياقوت لأول مرة .

١٢) ارجع إلى الفقرة ٥ - الجزء ٦ - الفصل الثاني .

١٣) يستخدم ليزر أشباه الموصلات أساساً .

١٤) يستخدم الليزر الغازي (He .Ne) أساساً .

١٥) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، (يوتريوم - ألومنيوم - جارنيت)، وأنواع أخرى .

١٦) يستخدم ليزر ثاني أكسيد الكربون ، أرجون وأنواع أخرى .

١٧) يستخدم ليزر بخار النحاس ، والخضب وأنواع أخرى .

١٨) ترسم خطوط رفيعة جداً ومتوازية على فترات متساوية .

الفصل الثالث

استخدام أجهزة قياس الكتلة والقوة

INSTRUMENTATION OF MASS AND FORCE

٣-١ استخدام أجهزة قياس الكتلة

الوحدة الأساسية للكتلة هي الكيلوجرام (رمز الوحدة: كجم) وفي البداية، فقد تم الحصول على الكيلوجرام النموذجي (١) الدولي الأول لتحديد 1 كجم على أنه كتلة 1000 سم³ من الماء عند ضغط جوي واحد ودرجة حرارة أقصى كثافة . ومنذ ذلك الوقت ، تم تعريف الكيلوجرام النموذجي الدولي كمرجع للكتلة حالياً . ومن الناحية العملية، تستخدم الأوزان ذات الدقة المضمونة عن طريق الاختبارات التي تتبع قانون القياسات ، كمرجع .

تقاس كتلة الأشياء بموازنتها بالأوزان ذات الكتل المعروفة ، باعتبار أن الجاذبية (أوزان) تؤثر على الأشياء التي يراد وزنها . ولذلك ، لا يمكن قياس الكتلة مباشرة .

ويعبر عن الأوزان بمقدار الجاذبية التي تؤثر على الشيء ، والكتلة دائماً ثابتة ، غير أنه ، توجد حالة جاذبية دقيقة في مركبة الفضاء في الفضاء ، ولا يكون الوزن ثابتاً حيث يتم الوزن .

ويستخدم الكيلوجرام بكثرة (رمز الوحدة: كجم قوة kgf) كوحدة للوزن . وهذا هو مقدار القوة التي تعطي عجلة مقدارها 9.80665 م/ث² ، عندما تؤثر قوة على جسم كتلته 1 كجم . ولذلك ، فإن الوزن - عندما يقاس نفس الجسم في مكان تكون عجلة الجاذبية فيه هي g ، والتي تختلف عن القيمة المعيارية - سيكون $\frac{g}{9.80665}$ مرة مثل الكتلة .

9.80665

تمرين ١

عجلة الجاذبية فى طوكيو وقاعدة شوا تساوى 9.797631 م/ث^٢ و 9.825256 م/ث^٢ بالترتيب .

فما هو الفرق فى وزن جسم كتلته 5 كجم ؟

(الإجابة : الوزن فى قاعدة شوا أثقل بمقدار 0.0141 كجم)

١-١-٣ الميزان ذو المنصة (الطبلية) Platform Scale

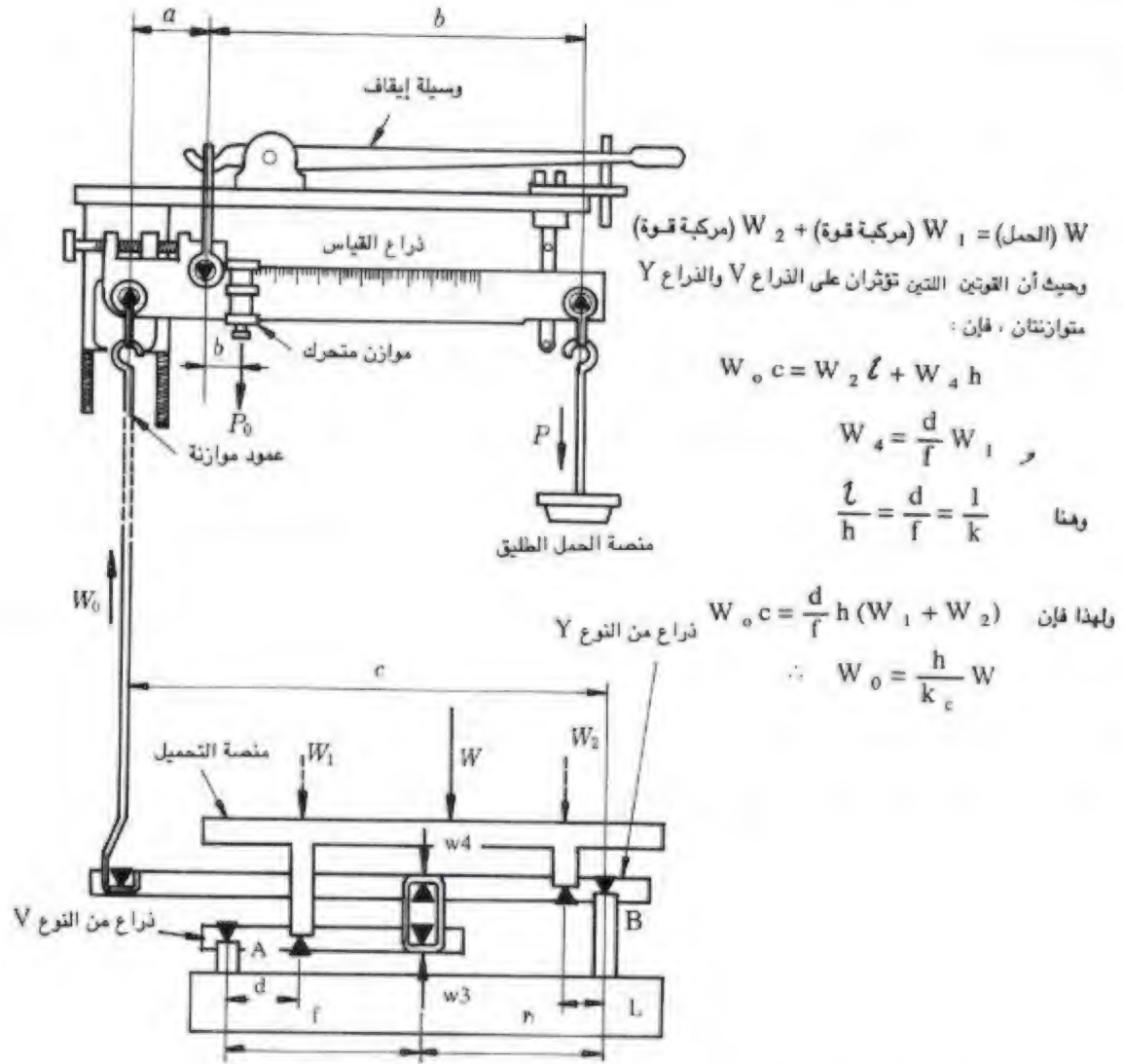
يزن هذا الميزان الكتل باستخدام الآلية المبينة فى الشكل ١-٣ .

وبفرض أن المسافات بين نقط الارتكاز للأذرع Y, V فى الشكل هى :

$$\text{(ثابت)} = \frac{h}{f} = \frac{d}{k}$$

وعليه، تنتقل جميع الأحمال بدقة إلى العمود الموازن بصرف النظر عن مكان

وضع الحمل ، ويمكن كشف الكتلة بواسطة عمود الميزان .



وعليه فإن W_0 لا تتأثر مباشرة بالقوتين W_1 ، W_2 ولذلك يمكن وضع الحمل على منصة التحميل في أى مكان ويكون توازن ذراع القياس كما يلي :

$$W_0 a = P b + P_0 b'$$

الشكل ١-٣ ميزان بمنصة (طبلية)

ويمكن أن يزن الميزان ذو المنصة كتلاً كبيرة نسبياً، والموازين اليدوية من هذا النوع غالباً ما تكون أقل من 2 طن (رمز الوحدة : t [طن]) - أو ميغا جرام (رمز الوحدة : Mg) بالوحدة الدولية ، 1 طن = 10^3 كجم = 10^6 جم = 1 ميغا جرام (Mg) بالنسبة لسعة الوزن ، وسعة الوزن هي أقصى كتلة يمكن أن يزنها الميزان بسهولة ودقة.

وتشمل موازين المنصات الكبيرة موازين الشاحنات ، وهي تستطيع وزن شحنة عربة شحن أثناء تحميلها عليها. وأساسيات الوزن في هذه الحالة هي نفسها مثل أساسيات الميزان بمنصة. وتبين بعض الموازين الأوزان رقمياً بتحويل الانفعالات الميكانيكية التي تنتج عن كل نقطة ارتكاز للمنصة إلى كميات كهربائية حيث لا تستخدم أذرع .

٢-١-٣ Balance الميزان

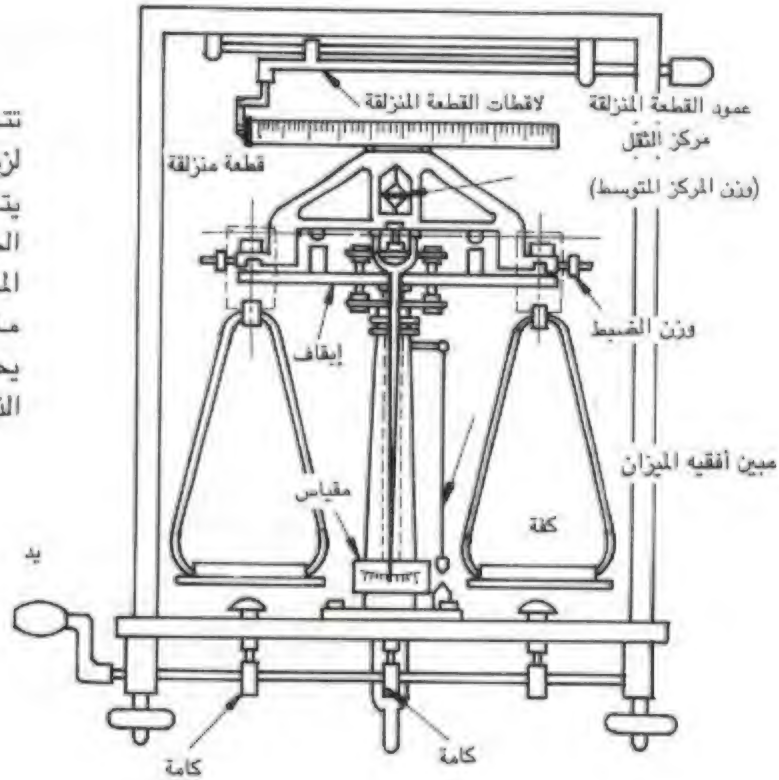
[٨] الميزان

للميزان تركيبة مبينة في الشكل ٢-٣. وتتساوى أطوال الأذرع على اليمين واليسار. ويتم وزن الكتلة بموازنة الجسم المطلوب وزنه والأوزان المعلومة. وهذا النوع من الموازين هو الأكثر دقة بين المقاييس

$$(10^{-8} \sim 5 \times 10^{-4}).$$

وعند طلب درجة دقة في الوزن ، تستخدم طريقة سعة الوزن المضاعفة للتخلص من الأخطاء الناتجة من الفرق في الأطوال لذراعي الميزان .

تتغير حساسية الميزان تبعاً
لزيادة أو نقص الحمل ، ولذلك
يتم ضبطها للحصول على
الحساسية الأفضل بتحريك وزن
المركز المتوسط (مركز الثقل) .
مقلوب الإحساس هو أقل كتلة
يحس بها الميزان ، وهي المقدار
الذي يغير 1/2 كل مقياس



الشكل ٢-٣ الميزان

طريقة سعة الوزن المضاعف : Double Weighing Capacity Method

يوزن الجسم المطلوب وزنه والأوزان مرتين، وذلك بوضعهم بالتناوب على الكفات اليمين واليسار .

وبفرض أن قراءات الوزن عندما يوضع الجسم على الكفة اليسرى وعندما يوضع على الكفة اليمنى هي M_1 , M_2 للجسم المطلوب وزنه ، يمكن حساب كتلة الجزء المراد قياسه بالمعادلة التالية :

$$M = \sqrt{M_1 \cdot M_2} \cong \frac{M_1 + M_2}{2} \quad (3-1)$$

[٢] ميزان القراءة المباشرة Direct - reading Balance

يمكن لهذا الميزان قراءة كتلة الجسم المطلوب وزنه مباشرة . ويبين الشكل ٣-٣، مثلاً لميزان الكتروني .



الشكل ٣-٣ ميزان القراءة المباشرة (الميزان الالكتروني)

والآلية المستخدمة في الميزان الالكتروني هي أنه يتم الكشف عن الكتلة كمقدار انحراف جسم مرن بدقة عالية بواسطة خلية حمل (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢ - الفصل الثالث) . ويتحول مقدار الانحراف إلى مقاومة كهربائية يتم بيانها رقمياً بعد تكبيرها .

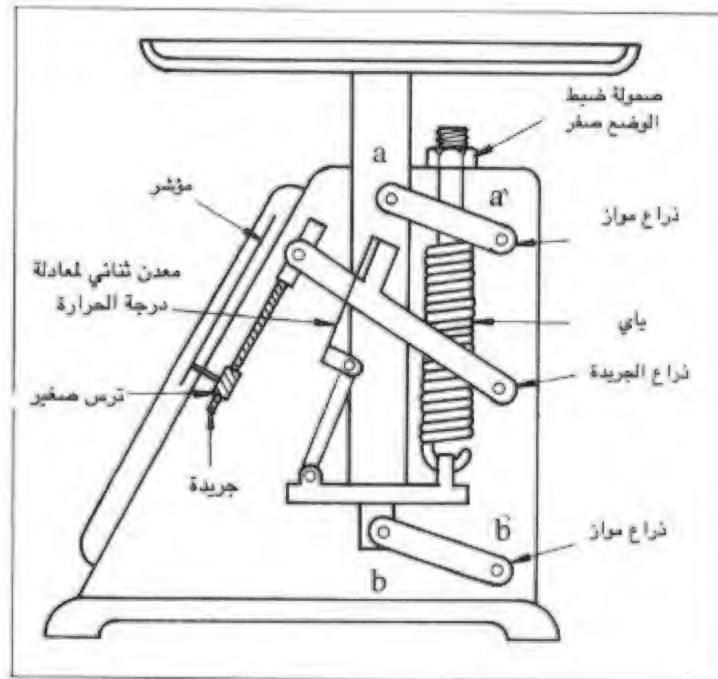
ويمكن تغيير سعة الوزن وحد القراءة بسهولة . وله برنامج أوتوماتيكي لإجراء عملية المعايرة ، وبذلك يمكن إجراء المعايرة أوتوماتيكياً بمجرد وضع وزن مرجعي قبل العمل . ويمكن إضافة معالجات بيانات وطابعة للقيام بالوزن بكفاءة .

٣-١-٣ الميزان ذو المؤشر Indicating Scale

الميزان الذى يبين الكتلة أوتوماتيكياً عن طريق لوحة الميزان ومؤشر يسمى «الميزان ذو المؤشر» . ويوجد عدة أنواع لآلية كشف الكتلة مثل استخدم إزاحة الياى ، وزاوية ميل البندول ودوران الكامة .

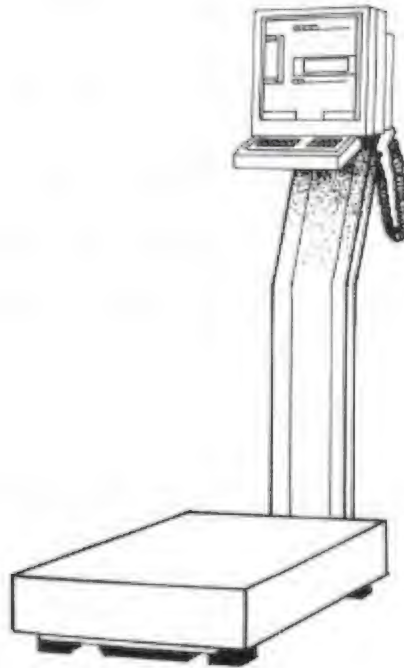
والميزان الزنبركي ذو الكفة المتزنة هو الميزان ، الذى يعتمد على التغير المرن للياي . وكما فى الشكل ٣-٤ ، يتمدد الياى بواسطة الحمل الموضوع على الكفة المتزنة ، وتدور العجلة المسننة بواسطة رافعة الحامل تبعاً لمقدار تمدد الياى فتتحرك المؤشر .

وتستخدم آلية ذراع إدارة على التوازي aa' و bb' بحيث تبقى كفة الميزان أفقية لتسمح بقياسات دقيقة، بصرف النظر عن موضع الجسم المطلوب وزنه، والموضوع على الكفة . ويتناقص معامل مرونة الياى كلما ترتفع درجة الحرارة، ويتم التعويض عن هذا أوتوماتيكياً عن طريق معادن ثنائية (معادن من نوعين) .



الشكل ٣-٤ ميزان زنبركي بكفة متزنة

وبالإضافة إلى درجة الحرارة ، تنتج الأخطاء في الميزان الزنبركي نتيجة التخلفات في مرونة الياى أو الاختلافات في مواقع الوزن (عجلة الجاذبية). ولذلك ، تكون الدقة في الميزان الزنبركي غير عالية (4×10^{-2})، غير أنه يستخدم بكثرة، حيث أنه منخفض التكاليف ويمكن تداوله بسهولة وحاليا ،ينتشر استخدام الموازين الرقمية الزنبركية، والتي تستخدم محول فرقي أو خلية حمل فى كاشف الحمل وذلك للقيام بالعمليات الحسابية، (انظر الشكل ٣-٥) .



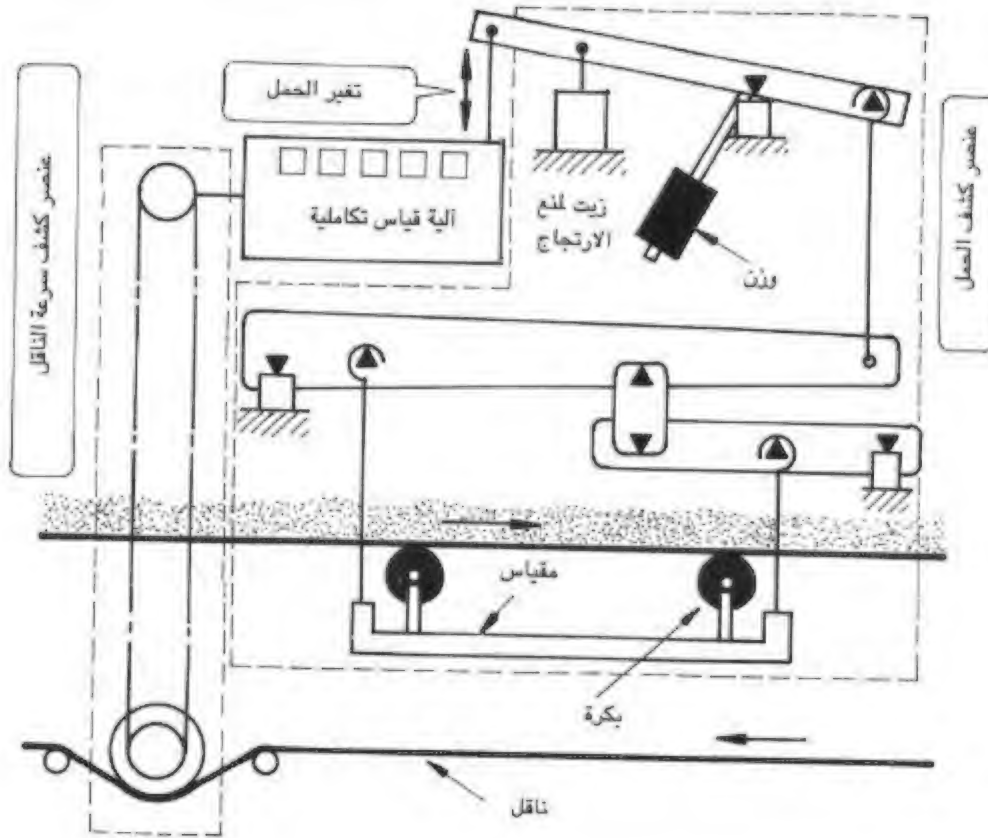
الشكل ٣-٥ ميزان رقمي

٣-١-٤ الميزان الصناعى Industrial Scale

الموازين الصناعية تزن أحمالاً، بالإضافة إلى فصل الأشياء أوتوماتيكيا وبكفاءة للتسجيل والتكامل ، وأكثر من هذا ، فهي تدمج مع آلات التعبئة الأوتوماتيكية والبيانات .

[١] ميزان الناقل Conveyor Scale

كما يرى في الشكل ٦-٣، يُستقبل الحمل الموضوع على الناقل الخاص بالميزان بواسطة بكرات، ويقيس الميزان تغيرات الحمل بواسطة آلية موازنة باستخدام ذراع، ويتم اكتشاف سرعة الناقل بشكل منفصل، وتحسب الأوزان بعمل تكامل مستمر لها باستعمال آلية تكامل أوتوماتيكية.



الشكل ٦-٣ ميزان الناقل

هذا، وبعض الموازين ذات الناقل ، المستخدمة فى الخط المستمر للمواد الخام وفى أغراض أخرى ، تسمى نظام التحكم الكمي - وهي تقوم بالتغذية باستمرار بكمية ثابتة، وذلك بالتحكم فى سرعة الناقل وفتح بوابة مخزن المواد الخام .

[٢] الميزان القادوسي Hopper Scale

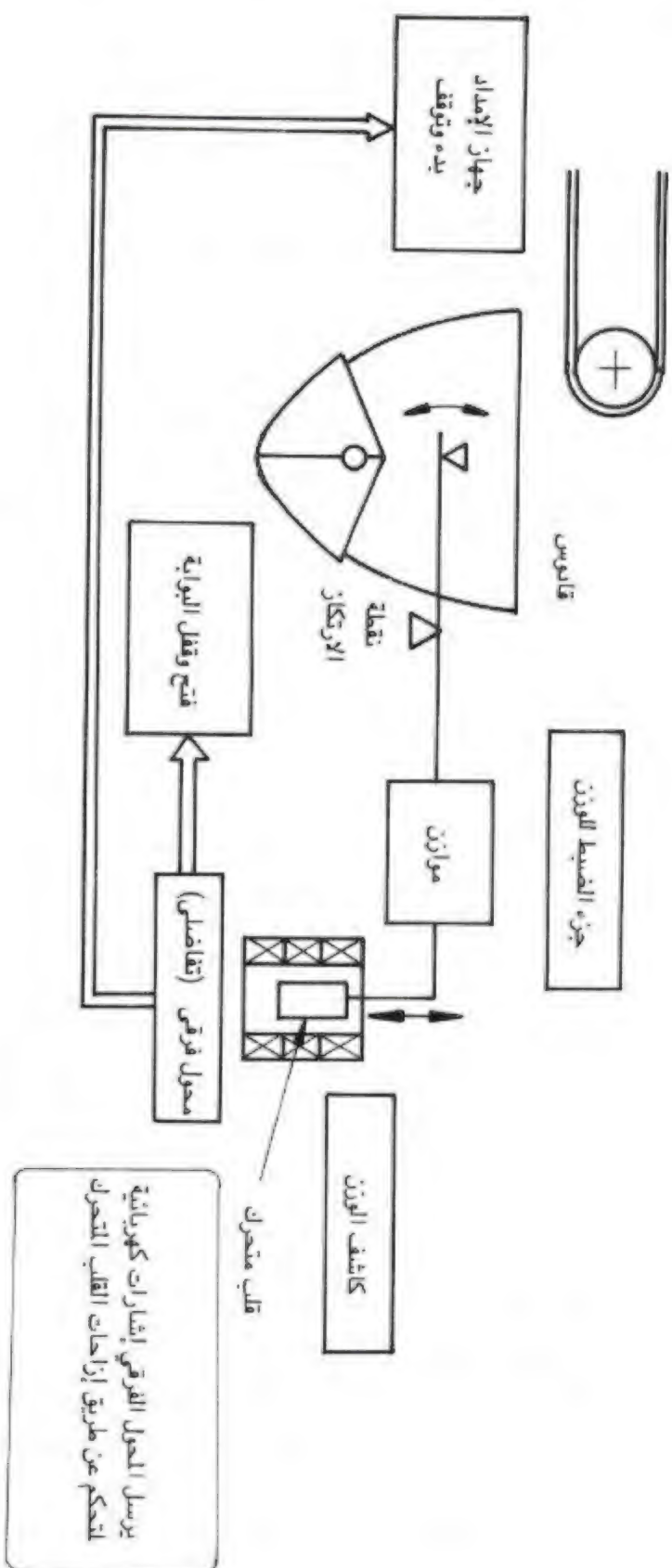
كما هو مبين فى الشكل ٣-٧ ، يتم الوزن باستخدام الميزان القادوسي بوضع كتل من مسحوق حبيبي أو مواد سائلة فى وعاء . ويتزن الميزان عندما يصل وزن المادة التى يتم وزنها إلى الكمية التى سبق ضبطها . فيرسل كاشف الوزن إشارة لإيقاف معدات الإمداد وفتح بوابة القادوس لتفريغ المادة. وهذه هى الآلية التى تستخدم بكثرة فى الميزان القادوسي. وعند وزن ماده لاصقة ، تلتصق المادة على الحوائط الداخلية للقادوس، ولا يمكن تفريغها بالكامل . وفى هذه الحالة تقفل البوابة عندما تصل الكمية المتبقية إلى المقدار الذى تم ضبطه ليتم التفريغ باستمرار بكمية ثابتة.

وفى صناعات المواد الغذائية والكيميائية والصناعات الأخرى ، يدمج الميزان القادوسي مع ماكينات التعبئة الأوتوماتيكية .

٣ - ٢ استخدام أجهزة قياس القوة

١-٢-٣ مرجع (إسناد) القوة Reference of Force

تكون لوحدات قياس مستويات القوة العلاقات التالية:



الشكل ٧-٣ الميزان القائي

$$1\text{N (نيوتن)} = 1 \text{ كجم} \cdot \text{م/ث}^2$$

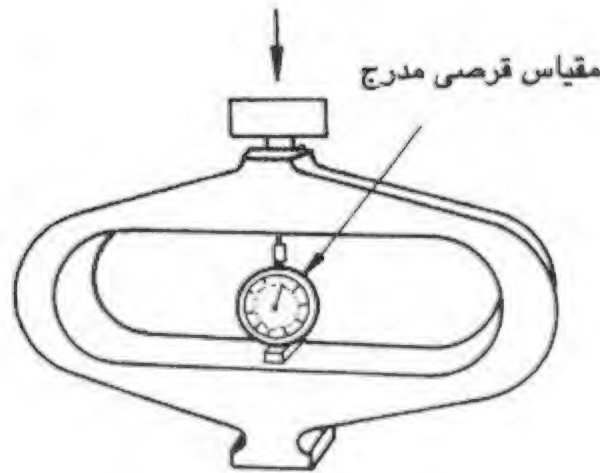
$$1\text{dyne (داين)} = 10^{-5} \text{ نيوتن}$$

$$1\text{kgf (كيلوجرام قوة)} = 9.80665 \text{ نيوتن}$$

وبشكل عام ، تستخدم مصانع المعدات الآلية الوحدة kgf (كيلو جرام . قوة).

٢-٢-٣ صندوق المعايرة المرن Elastic Standardizing Box

يصنع هذا الصندوق من جسم دائري أو مستطيل ، كما هو مبين في الشكل ٢-٣-٨ . ويمكن تداوله بسهولة وله درجة دقة عالية .

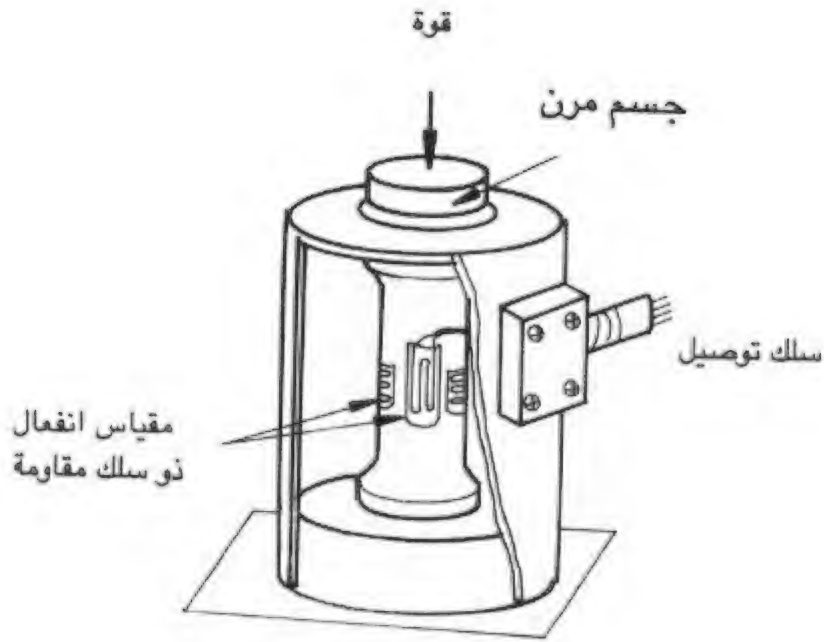


في البداية ، يتم تحميل هذا الصندوق بقوة قياسية ونحصل على علاقات بين الجسم المرن والحمل عن طريق انحراف مؤشر المقياس القرصي المدرج . وتجهز البيانات للمعايرة في شكل جدول وبهذا يمكن معرفة مقدار القوة من المقياس القرصي المدرج .

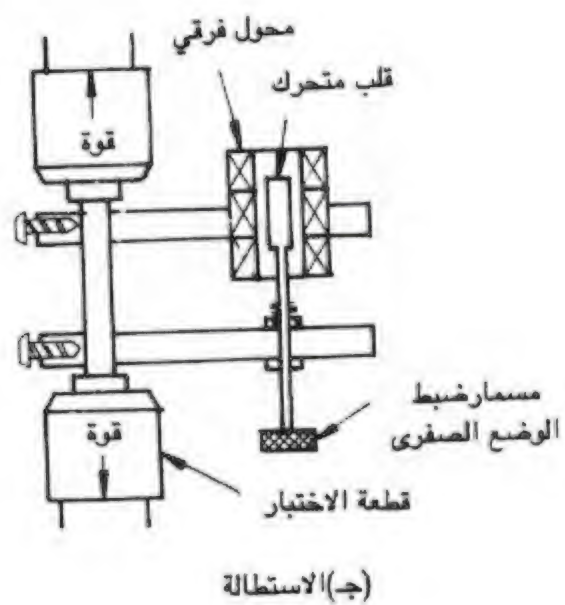
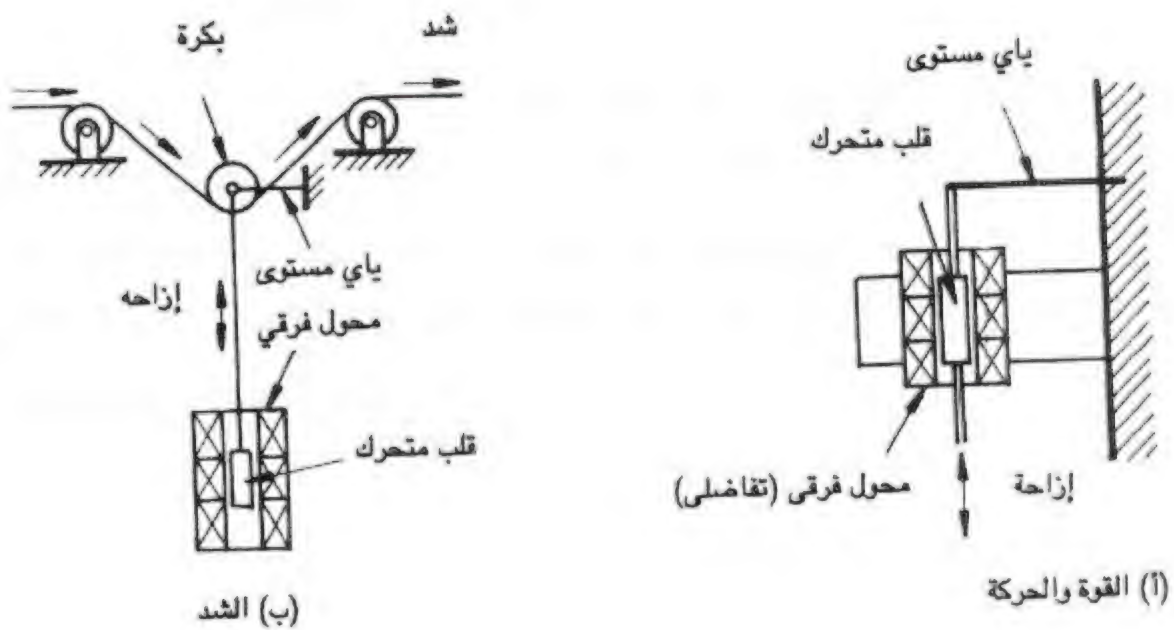
الشكل ٢ - ٨ صندوق معايرة مرن للانحراف

٣-٢-٣ خلية الحمل Load Cell

كما هو مبين في الشكل ٩-٣ ، يوضع فى خلية الحمل مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ملتصقا على جسم مرن. ويوضعان بعد ذلك في وعاء محكم. وبتطبيق قوة شد أو ضغط ، ينتج انفعال للجسم المرن يتناسب مع مقدار هذه القوة. ثم يتم تحويل هذا الانفعال كهربائيا بواسطة مقياس الانفعال ذي سلك المقاومة ليقاس مقدار القوة. ويكثر استخدام خلية الحمل في الموازين ككاشف للحمل .



الشكل ٩-٣ خلية الحمل



الشكل ٣-١٠ أمثلة للقياسات عن طريق محول فرقي (تفاضلي)

وتستخدم خلايا الحمل بكثرة أيضاً فى مقاييس العزم وككاشفات الاهتزاز ، والعجلة ، والضغط لقياس القدرة المحركة المنقولة ، عن طريق تثبيت مقياس انفعال على العمود الدوار وقياس التواء العمود .

وبالإضافة إلى ماسبق ، ويعمل آلية لنقل الإزاحة الدقيقة إلى قلب محول فرقي(تفاضلي)، كما فى الشكل ٣-١٠ ، يمكن استخدام خلية الحمل فى مجالات مختلفة مثل قياس القوى ، والحركة ، والشد ، والاستطالة .

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
وطباعة ممتازة
نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

تمرينات

١ - إذا كان طول ذراع ميزان هو 100.05 مم ،بينما طول الذراع الآخر هو

99.98 مم . وكانت القراءة هي 52.453 جم عند القيام بالقياس بوضع وزن

على الذراع الأطول . احسب الكتلة الصحيحة لهذا الجسم؟

(الإجابة: 52.489 جم)

٢ - اشرح سبب عدم تصنيع موازين زنبركية بدقة أعلى من $1/800$.

٣ - اشرح وظيفة المعدن الثنائى المستخدم فى الموازين الزنبركية .

٤ - قارن بين خصائص موازين الناقل والقادوسية .

٥ - اذكر أنواع المعدات التى تعتمد علي خلية الحمل .

هوامش

(١) الكيلو جرام النموذجي الأول الدولي الذي وضع في ١٨٨٩ عبارة عن عمود دائري طول قطره، وكذلك ارتفاعه ، حوالي 39 مم ، وهو مصنوع من سبيكة مكونة من 90% ذهب أبيض و 10% ايريديوم . وتبين القياسات المضبوطة أن الحجم المكعب لـ 1 كجم ماء هو 1.000028 dm^3 (في حالة ضغط جوي قياسي ، ودرجة حرارة 4° م ، والماء لا يحتوي هواء).

الفصل الرابع

استخدام أجهزة قياس الزمن وسرعة الدوران INSTRUMENTATION OF TIME AND SPEED OF REVOLUTION

٤ - ١ استخدام أجهزة قياس الزمن

كان تحديد الزمن في الماضي يتم على أساس دوران الأرض كمرجع يسند إليه. غير أنه حالياً ، تم تعريف الثانية الواحدة على أن تساوي 9192631770 زمن الموجة الكهرومغناطيسية التي تمتص أو تبعث بواسطة ذرة سيزيوم (^{133}Cs) تحت ظروف ثابتة . (رمز الوحدة : s)^(١).

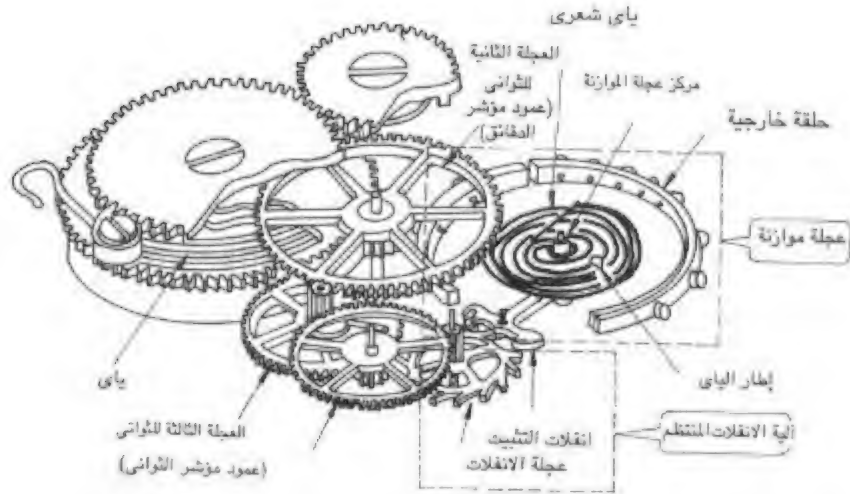
٤-١-١ جهاز قياس الوقت (الساعة) Clock

يعمل جهاز قياس الوقت (الساعة) عملية تكامل لعدد الذبذبات ليبين الساعة والزمن ، على أساس فترات ذات ذبذبات ثابتة . ويسمى الجسم المتذبذب منظم السرعة . ومن أنواع منظمات السرعة ، البندول ، والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة ومذبذب الكوارتز . وتسمى أجهزة قياس الوقت (الساعة) التي تصنف على أساس نوع منظم السرعة بالبندول والعجلة المتزنة والشوكة الرنانة والكوارتز وغيرها .

[١] أجهزة قياس الزمن (الساعة) بالبندول وعجلة الموازنة

Pendulum and Balance Wheel Clocks

تكون فترة التذبذب ثابتة للبندول، إذا كانت عجلة الجاذبية والمسافة من نقطة الارتكاز إلى مركز الثقل للوزن المعلق في البندول ثابتين (٢). ويعتمد جهاز قياس الزمن البندولي على هذا التساوي في الزمن. وبعض أجهزة قياس الزمن المكتبية الصغيرة مثل ساعات المكتب تكون من نوع ساعات عجلة الموازنة وتستخدم عجلة موازنة ذات ياي لتوليد قوة استعادة، كمنظم سرعة. غير أن الذبذبات الناتجة من البندول أو عجلة الموازنة تضمحل (تخمد) تدريجياً، ولذا تضاف ترتيبية لشاكوش الساعة، يعطي قوة للتذبذب من الخارج، كما ينقل ذبذبات منظم السرعة بدقة (انظر الشكل ٤-١).



الشكل ٤-١ آلية ساعة عجلة الموازنة

[٢] ساعات الكوارتز Quartz Clocks

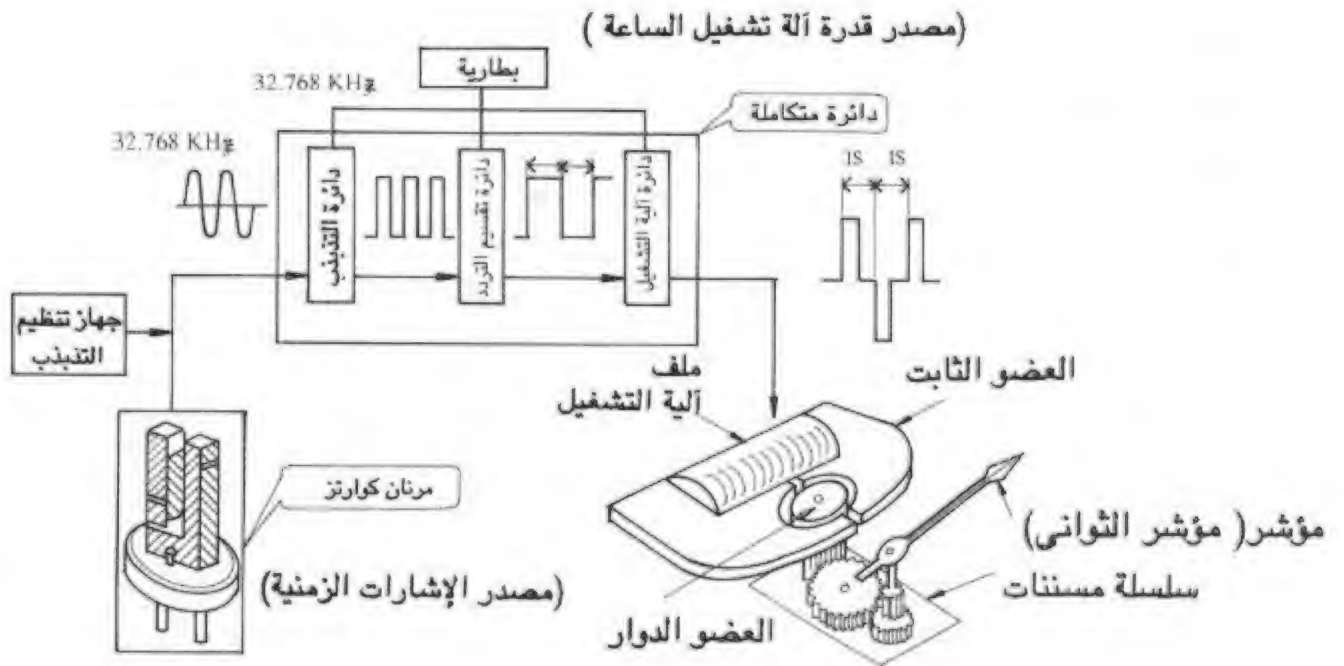
تعتمد ساعة الكوارتز على مذبذب كوارتز كمنظم سرعة ، وتبين الزمن والساعة باستخدام إشارات كهربائية ذات تردد ثابت ، يتم الحصول عليه من مذبذب الكوارتز كمصدر إشارة زمنية .

* مذبذب الكوارتز Quartz Oscillator

لشريحة الكوارتز الصغيرة المقطوعة في اتجاه معين، خاصية توليد شحنة كهربائية على سطحها عندما يتشوه شكلها، وبالعكس يتم تشويها عند وضعها في مجال كهربائي . تسمى هذه الظاهرة بالتأثيرات الكهربائية الإجهادية. وبضم هذه الشريحة الكوارتزية مع دائرة الكترونية مناسبة، والتأثير عليها بذبذبة طبيعية ، تتولد شحنات كهربائية موجبة وسالبة بالتبادل على سطحها، وهي تناظر التذبذبات، وبذلك نحصل على إشارات كهربائية ذات تردد ثابت باستمرار . ويسمى هذا الجهاز مذبذب الكوارتز ، كما تسمى شريحة الكوارتز المرنان الكوارتزي .

ويبين الشكل ٤-٢ أسس عمل الساعة الكوارتز التناظرية . والذبذبات الناتجة من مرنان الكوارتز تكون مستقرة ضد الاهتزازات الخارجية والصدمات وتغيرات درجة الحرارة، ويمكن أن تبين ساعات الكوارتز الوقت والساعة بدرجة دقة عالية جدا. وحاليا ،مع تصغير البطارية والتقدم الملحوظ في تقنية الالكترونيات ، تباع في الأسواق ساعات صغيرة ذات خطأ أقل من 0.1 إلى 0.5 ثانية في اليوم .

ترسل الإشارة الكهربائية ذات عشرات الآلاف هرتز (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى ملف آلية التشغيل كل ثانية خلال دائرة تقسيم التردد ودائرة آلية التشغيل. عندما يمر تيار في دائرة آلية التشغيل يتمغنط العضو الثابت ، ثم يدور العضو الدوار . وتتحول الإشارة الكهربائية (ويتم الحصول عليها من دائرة تذبذب الكوارتز) إلى إشارة ميكانيكية وتنتقل إلى مؤشر الثواني ومؤشر الدقائق ومؤشر الساعات عن طريق حركة سلسلة مسننات ، ويتم بيان الوقت بالضبط على واجهة الساعة .



الشكل ٤ - ٢ مبدأ عمل ساعة الكوارتز

٤-١-٢ المبين ذو البلّورات السائلة Liquid Crystal Display

تستخدم أنابيب المبين الفلورسنت ، والثنائيات المشعة للضوء ومبينات البلّورات السائلة فى البيان الرقمي للقيم المقاسة، بشكل عام .ولمبينات البلّورات السائلة استهلاك قدرة كهربائية صغير جداً على وجه الخصوص. وتستخدم كمبينات فى أجهزة القياس التى تستخدم البطاريات كمصدر قدرة كهربائية .

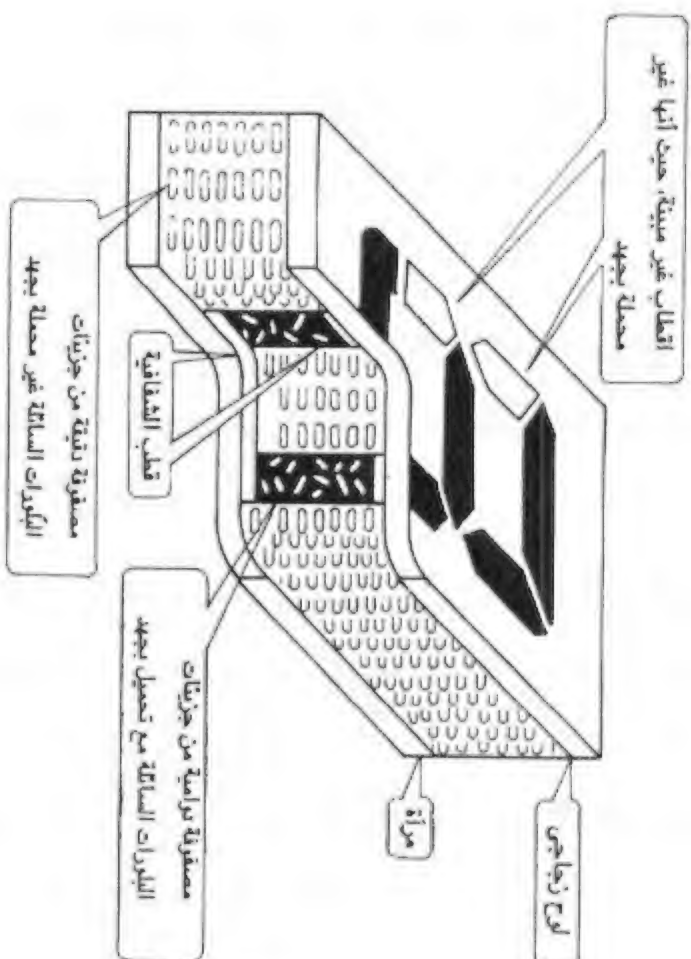
والبلّورة السائلة عبارة عن مادة عضوية لها سيولة ظاهرية تماثل السوائل، غير أن الترتيبية الجزيئية لها لم تنهار تماماً. وعند استخدام جهد، يحدث اضطراب للترتيبة الجزيئية لها وتتغير حالة انتقال الضوء ، غير أنه لا يمر تيار تقريباً .

أما أجزاء المبين ذي البلّورات السائلة (٣) التى لم يستخدم معها جهد ، كما هو مبين فى الشكل ٣-٤ (أ) ، فتبدو ساطعة حيث ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة، وينعكس بواسطة مرآة، وأما الأجزاء التى يطبق عليها جهد ، فيحدث اضطراب لجزيئاتها ولا يمكن معها أن ينتقل الضوء خلال طبقة البلّورات السائلة ، بل يتفرق فى منتصف الطريق، بحيث تظهر هذه الأجزاء سوداء مثل الأقطاب.

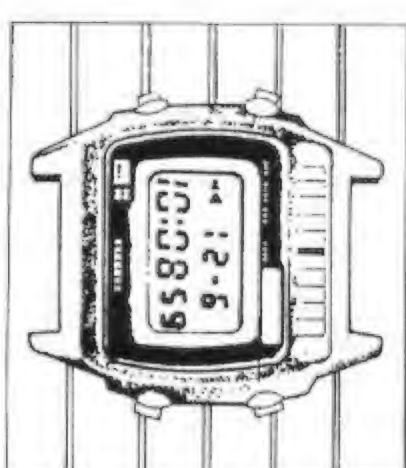
والبلّورات السائلة عبارة عن عنصر كشف ضوئي وهي لا تشع ضوءاً .

وطبقة البلّورات السائلة يمكن أن تكون ذات سمك 0.01 مم تقريباً، وبذا يمكن الحصول على مبينات رقيقة ويتم تحريك البلّورات السائلة بجهد صغير، ويمكن توصيلها بسهولة مع دوائر أشباه الموصلات ، وهي تستهلك مقداراً صغيراً جداً فقط من القدرة.

وتستخدم البلّورات السائلة فى مبينات الساعات، والحاسبات الالكترونية وأجهزة القياس المحمولة ومعدات أخرى. وتغير بعض البلّورات السائلة ألوانها تبعاً لدرجة الحرارة أو عند تطبيق جهد عليها، وهي تستخدم فى قياس درجة الحرارة أو عرض الصورة فى أجهزة التليفزيون الرفيعة .



(أ) المبين ذو البلورات المسائلة



(ب) ساعة يد رقمية من نوع البلورات المسائلة

كما في الشكل (أ) ، يتم عرض الرقم 3 على المبين ذي البلورات المسائلة ، حيث يتم تحميل جهد على خمسة من سبعة قطاعات من أقطاب المبين .

الشكل ٤ - ٣ المبين ذو البلورات المسائلة

٤ - ٢ استخدام أجهزة قياس سرعة الدوران

تسمى أجهزة القياس التي تقيس عدد دوران أجسام دوارة خلال وحدة الزمن « تاكومترا » . وبشكل عام ، يتم التعبير عن سرعات دوران الآلات بعدد اللفات في الدقيقة ، لفة / ق ، (rpm)(4).

* وسرعة الدوران هي إحدى الكميات المهمة في مجال الصناعة . فترتبط سرعات دوران العمود الرئيسي لآلات التشغيل مع سرعات القطع ، كما ترتبط سرعات دوران المحركات مع مقدار القدرة المحركة .

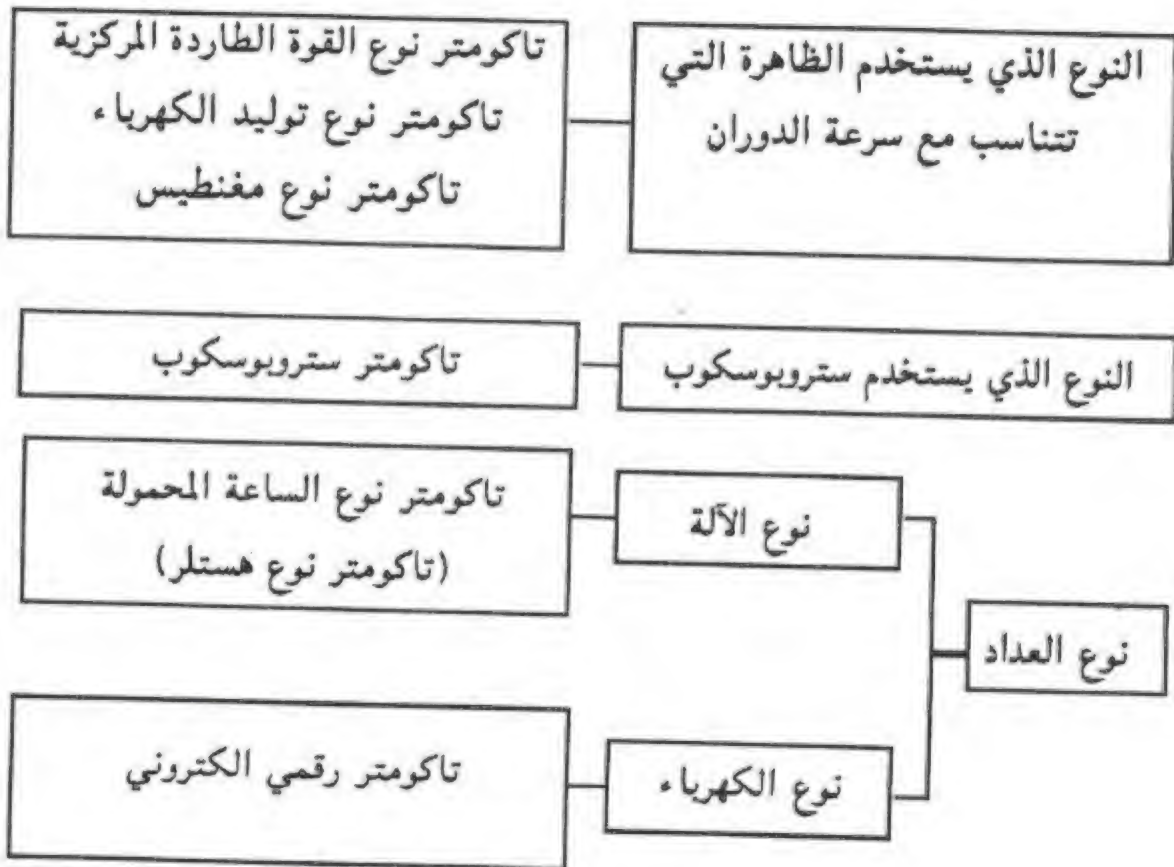
ويصنف الجدول ٤-١ ، التاكومترا على أساس مبادئ القياس .

٤-٢-١ تاكومتر الطرد المركزي Centrifugal Tachometer

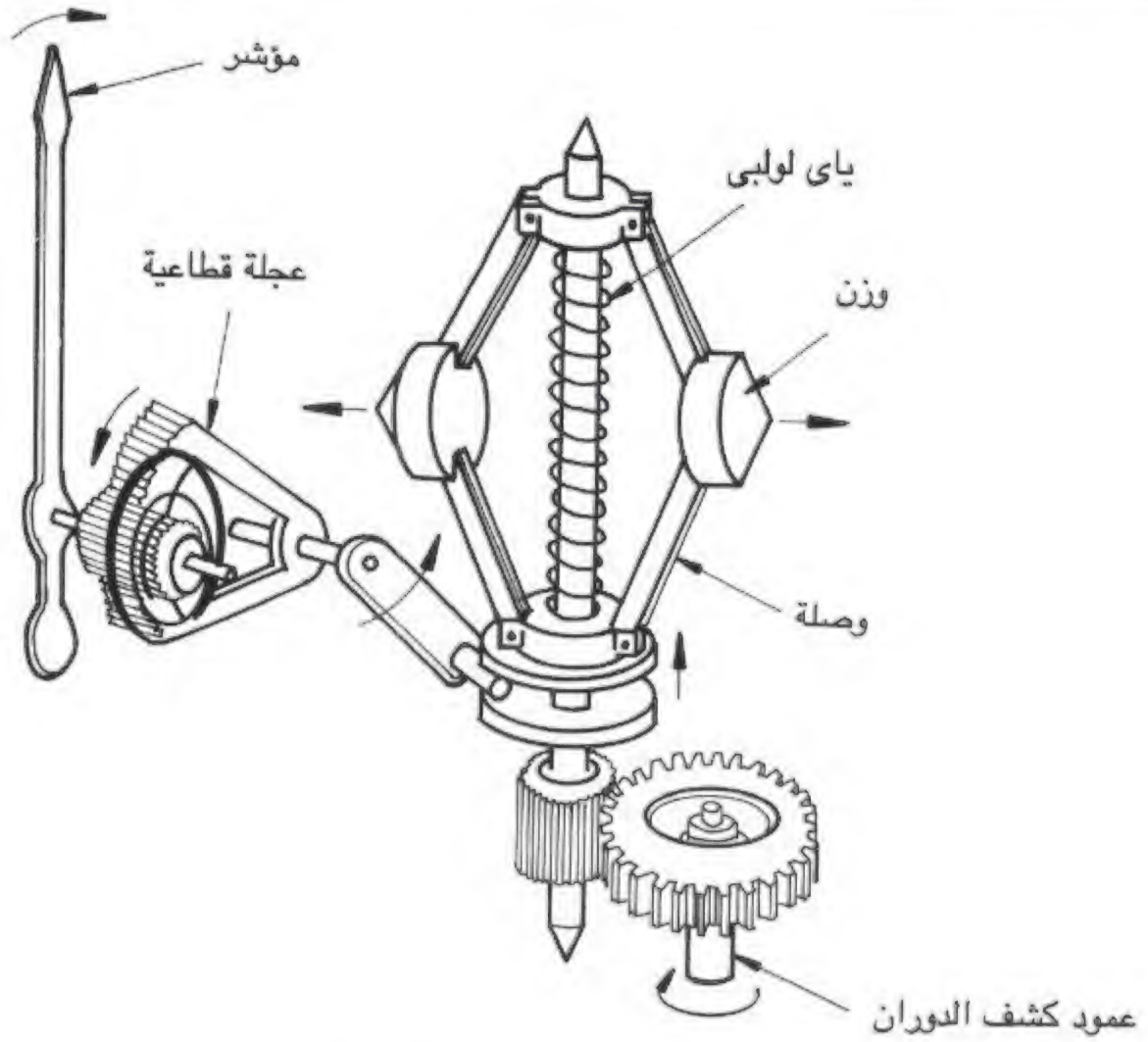
يبين تاكومتر الطرد المركزي سرعة الدوران باستخدام إزاحة ياي كسرعة دوران ، وذلك بموازنة قوة الطرد المركزية التي تؤثر على الجسم الدوار مع قوة الياي ، وتركيبه بسيط وقوي . ويمكن الحصول على عزم كبير نسبياً من المؤشر ، كما يستخدم أيضاً كتاكومترا تسجيل ، (انظر الشكل ٤-٤) .

تاكومتر

مبدأ القياس



الجدول ٤-١ أنواع التاكومترات



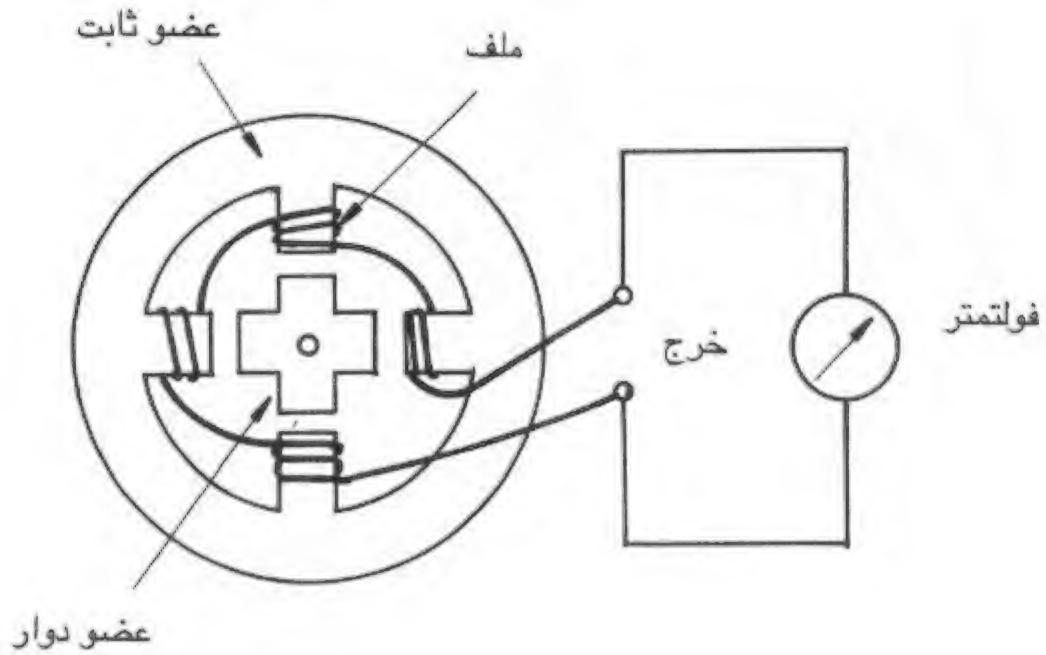
الشكل ٤-٤ تاكومتر الطرد المركزي

٢-٤-٢ التاكومتر المولد Generating Tachometer

وفيه يتولد جهد يتناسب مع سرعة الدوران عندما يتم توصيل مولد DC أو AC إلى عمود دوار مطلوب قياس سرعة دورانه ، وهذا هو التاكومتر المولد ، ويمكن قياس سرعات الدوران بقراءة هذا الجهد المتولد عن طريق فولتمتر

ويمكن تعيين اتجاهات الدوران لتاكومترات التوليد DC عن طريق الجهد الموجب أو السالب، ويمكن استخدام هذه التاكومترات فى التحكم الأوتوماتيكي للآلات الكهربائية




وتعتمد تاكومتريات التوليد AC، (انظر الشكل ٤-٥)، على مغنطيسات دائمة كأعضاء دوارة حتى تكون الأعطال قليلة، ويمكن قياس سرعات الدوران اللحظية، وهي تستخدم كعدادات سرعة للقطارات الكهربائية والمعدات الأخرى .



الشكل ٤-٥ تاكومتر من نوع المولد AC

٤-٢-٣ التاكومتر الستروبوسكوبي Stroboscope Tachometer

عند رؤية دورات الأجسام أو اهتزازاتها عند اللحظات التي تكون فيها الأجسام في مواضع سبق إعدادها ، يمكن أن تبدو الأجسام المتحركة في حالة ساكنة. يسمى الجهاز من هذا النوع ستروبوسكوب. ويسمى التاكومتر الذي يعتمد على هذا الستروبوسكوب ، تاكومتر ستروبوسكوبي .

التردد الومضي للسكوب	1HZ	N HZ	1/N HZ
شكل الجسم الدوار			
	خط واحد	عدد n من الخطوط	خط واحد

الشكل ٤-٦ ظهور صورة عند سرعة دوران 1 لفة / ق



الشكل ٤-٧ لوح رسم بياني للسكوب

برسم خط في اتجاه نصف قطر جسم دوار، كما في الشكل ٤-٦، ثم إطلاق أشعة عليه عن طريق صمام تفريغ في حالة تردد ومضي يساوي 1 هرتز، بعد إدارة الجسم الدوار بمقدار 1 لفة /ق، يظهر الخط كما لو كان ساكناً. وبزيادة التدريجية للتردد الومضي لصمام التفريغ إلى 2، 3، ...، n هرتز، وإطلاق أشعة على الجسم الدوار مرة كل 1/3، 1/2، ...، 1/n لفة، يمكن رؤية الخط نصف القطري بعدد مضاعفات صحيحة يساوي 2، 3، ...، n خط. وبالعكس، عند تقليل تدريجي للتردد الومضي إلى 1/2، 1/3، ...، 1/n هرتز، يضاء الجسم الدوار كل 2، 3، ...، n لفة، بحيث يمكن رؤية الخط الواحد كما لو كان ساكناً.

وعليه، إذا كانت سرعة دوران جسم دوار هي مضاعف صحيح للتردد الومضي لصمام التفريغ للستروبوسكوب يتكرر حدوث نفس الظاهرة. وعلى ذلك، لا يمكن تعيين عدد الدورات فورا، ولكن عندما يظهر أول خط ثابتاً، فإن التردد الومضي يبين سرعة دوران الجسم الدوار، وذلك بعد القيام بتقليل تدريجي للتردد الومضي لصمام التفريغ من تردد عالي كافى.

ويثبت لوح رسم بياني، كما في الشكل ٤-٧، على الجسم الدوار. وبشكل عام، يتطابق التردد الومضي لصمام التفريغ عندما تظهر الصورة كلها كما لو كانت ساكنة، مع سرعة دوران الجسم الدوار، ويضبط التردد الومضي بالزيادة إذا تحركت الصورة ببطء في اتجاه دوران الجسم الدوار وبالتقليل في الحالات العكسية.

وللتاكو متر الستروبوسكوبي الخصائص التالية :

(١) يمكن قياس سرعات دوران عالية من 200 إلى 18000 لفة/ق.

(٢) يمكن القيام بالقياسات بدون ملامسة الأجسام الدوارة.

(٣) عزوم العمود الدوار صغيرة للغاية . ويمكن القيام بقياسات دقيقة، حتى لو تغيرت سرعات الدوران عند توصيل التاكومتر .

٤ - ٢ - ٤ التاكومتر المحمول ذو الساعة Portable Clock Tachometer

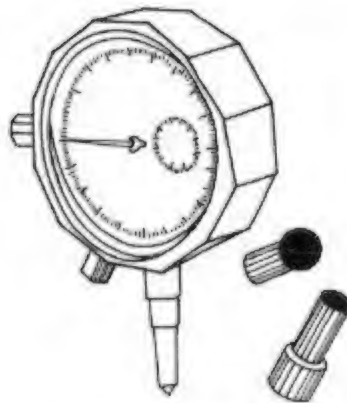
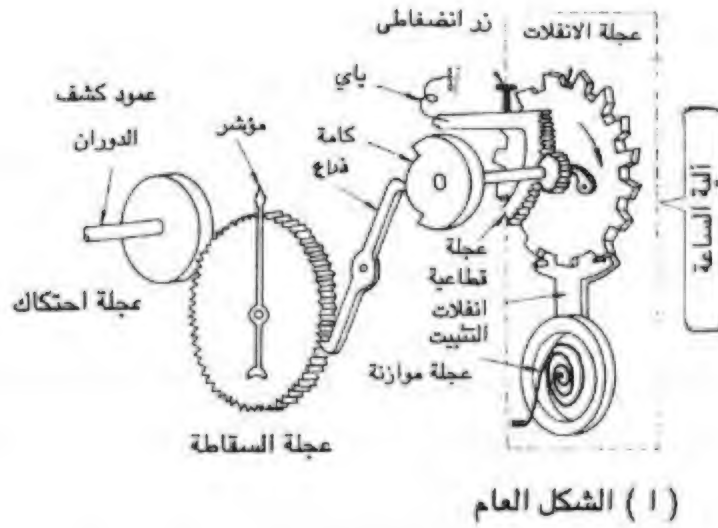
يسمى هذا التاكومتر - تاكومتر هستلر (انظر الشكل ٤-٨) . وهذا التاكومتر عبارة عن تاكومتر عد آلي، يبين سرعة الدوران عن طريق عد الدورات خلال زمن سبق تحديده ، وذلك بدمج عداد معه ، عن طريق عجلة مسننة وآلية ساعة عجلة موازنة . وهذا التاكومتر من النوع المدمج وهو خفيف الوزن ويستخدم بكثرة كتاكومتر محمول .

٤-٢-٥ التاكومتر الالكتروني الرقمي

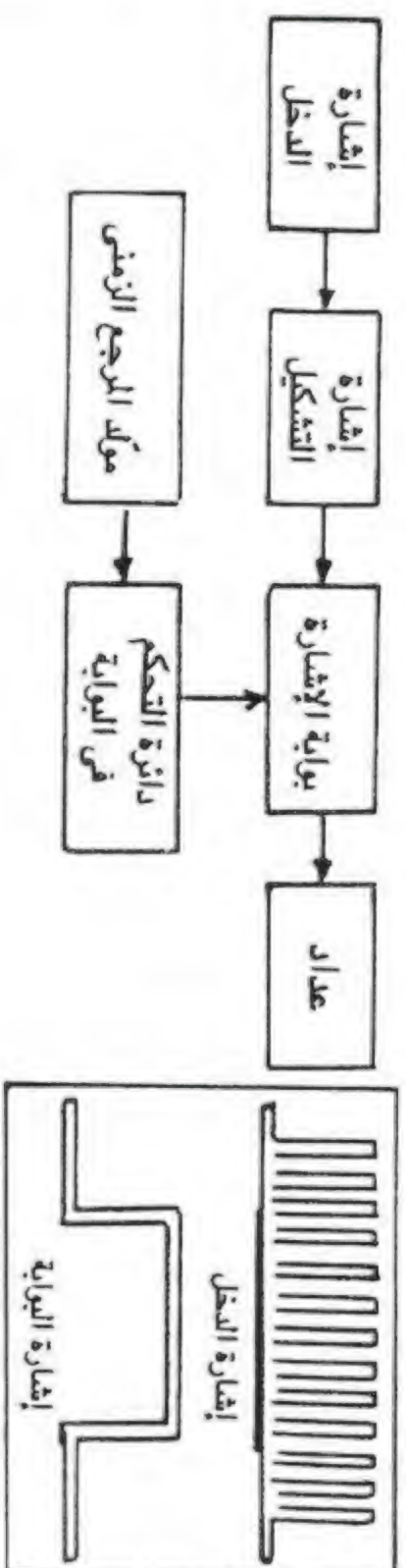
Electronic Digital Tachometer

يسمى التاكومتر الذي يستخدم عداد الكتروني، تاكومتر رقمي الكتروني. ويستخدم هذا التاكومتر إشارات نبضية متولدة عن طريق الجسم الدوار كإشارات دخل . ويتم عمل عد للإشارات النبضية في زمن سبق تحديده لحساب سرعة الدوران . ويبين الشكل ٤-٩، المكونات الأساسية للعداد الالكتروني. ويستخدم مذبذب كوارتز في مولّد الزمن المرجعي للحصول على إشارة نبضية دقيقة عند فترات زمنية تم تحديدها من قبل، مثل واحد ثانية . وتقوم النبضات بفتح وغلق بوابة الإشارة . ويتم عدّ إشارات الدخل (نبضات) التي تمر خلال البوابة بواسطة عداد، أثناء فتح بوابة الإشارة عن طريق إشارة من دائرة التحكم في البوابة ، ويتم بيان هذا العدد كسرعة الدوران .

يتم الضغط على الزر الانضغاطي ثم يترك ، فتدور الكامة بسرعة ثابتة عن طريق قوة الاستعارة للياي . ويحرر الجزء المحدب من الكامة ترس السقاطة عن طريق الذراع ، ثم تدور عجلة السقاطة عن طريق عمود كشف الدوران وعجلة الاحتكاك . وبعد 3 دقائق يتوقف المؤشر عن الدوران . وعند هذا الوقت ، يتم بيان سرعة الدوران عن طريق المقياس الذي تم تحويله لكل دورة في الدقيقة .



الشكل ٤ - ٨ تاكومتر هسترل Hustler Tachometer



الشكل ٤ - ٩ المكونات الأساسية للعداد الالكتروني

ويبين الشكل ٤-١٠، كاشف إشارة الدخول ويحول الكاشف سرعة دوران الجسم الدوار إلى إشارات نبضية كهربائية . وتنقسم الكاشفات إلى أنظمة كهروضوئية ومغناطيسية . وهي تبين رقمياً ، ولها دقة عالية وتستخدم بسهولة .

تمرين ١

إذا كان لقرص يولد نبضات 60 ثقباً . وباستخدام مولّد إشارة ، تم توليد النبضات ، وتم عدّ 5432 نبضة في ثانيتين بعدد الكتروني ، فما هي سرعة دوران القرص ؟

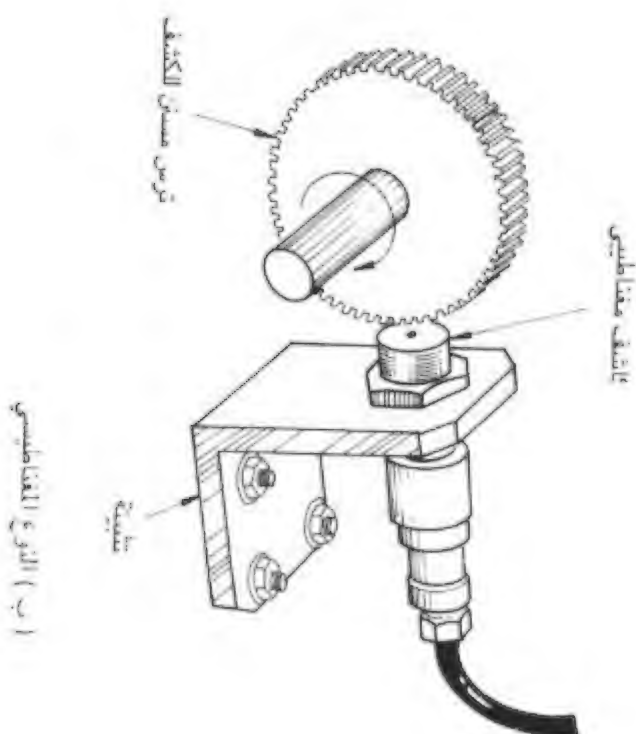
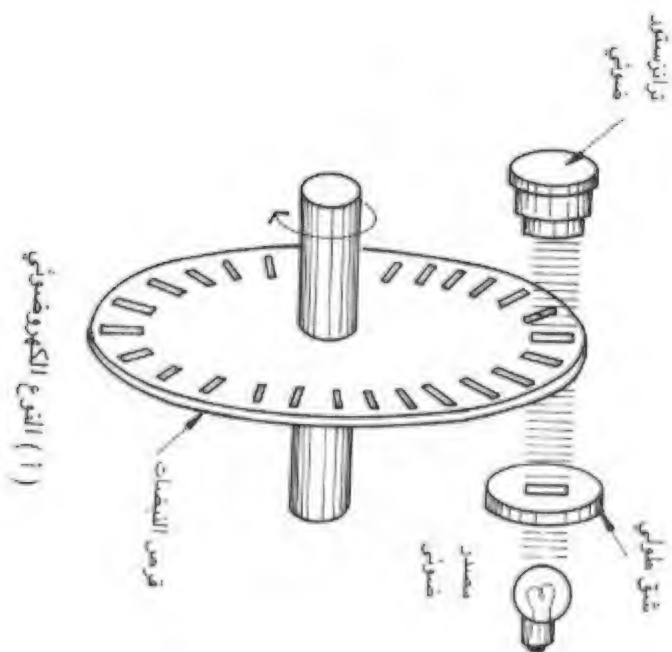
(الإجابة: 2716 لفة /ق)

تمرين ٢

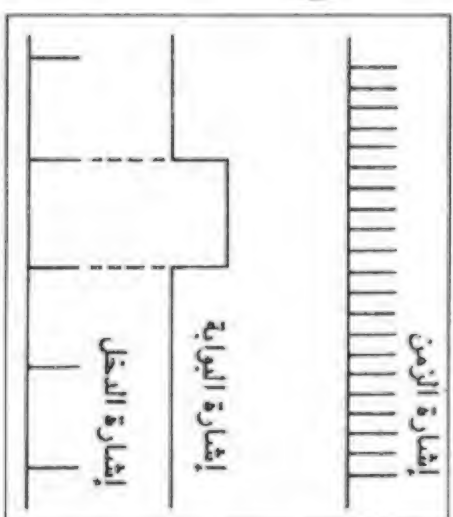
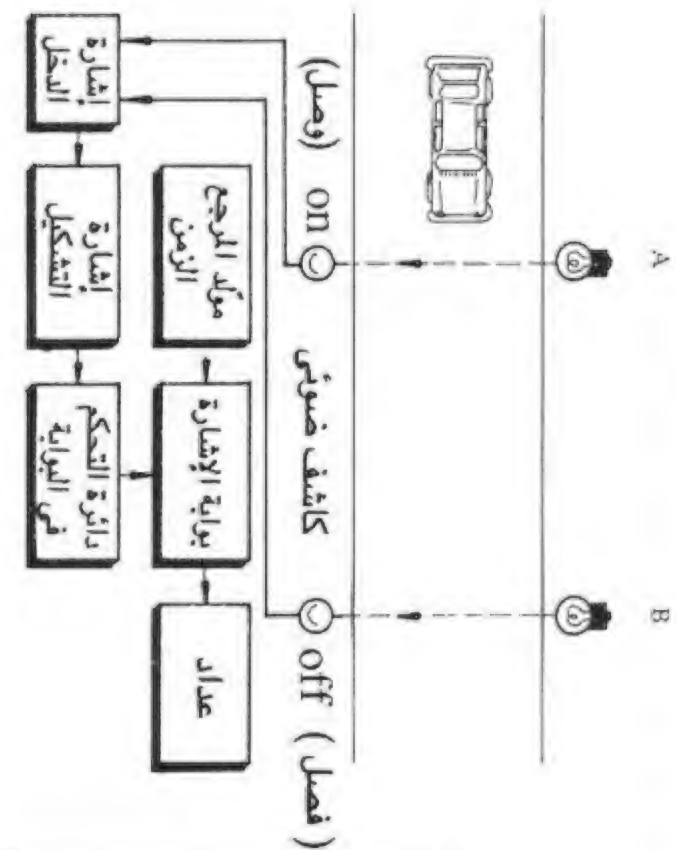
في الشكل ٤-١١ ، ويفرض أن المسافة بين النقطة A ، والنقطة B هي 4 م ، وأنه أمكن عدّ 16000 نبضة مرجعية ذات تردد 100 كيلو هرتز . احسب السرعة المتوسطة لهذه العربة .

(الإجابة: 90 كم/ساعة)

يمكن قياس السرعات باستخدام عداد الكتروني كما في الشكل ٤-١١ . فيركب مصدر ضوء وكاشف ضوئي عند نقطتي A ، B ، بينهما مسافة ثابتة ، وتفتح بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة A ، وتقفّل بوابة الإشارة عندما تمر العربة على النقطة B ويمكن حساب السرعة المتوسطة بمعرفة عدد مرات عدّ النبضات المرجعية أثناء فتح وقفل البوابة .



الشكل ٤ - ١٠ كاشف تاكومتر من نوع العداد الرقمي الالكتروني



الشكل ٤ - ١١ قياس السرعة باستخدام عداد الكتروني

تمريّنات

- ١- ما هو منظم السرعة فى الساعة ؟ وما هي الوظيفة التي يؤديها للساعة ؟
- ٢ - صنفّ الساعات على حسب نوع منظم السرعة ، واطرح خصائص كل منها .
- ٣- إذا ظهرت مروحة كهربائية ذات ثلاث ريش كأنها ساكنة عندما أضيئت بواسطة ستروبوسكوب ذي تردد ومضي يساوى 60 هرتز .
وإذا كانت سرعة الدوران هي 1000 لفة/ق تقريبا، فما هو العدد الصحيح لعدد الدورات ؟
- (الإجابة : 1200 لفة/ق)
- ٤- اذكر الأنواع المختلفة للتاكومترات وقارن بين خصائص كل منها .

هوامش

(١) تبعاً للتعريف الدولي الذي أقرته الجمعية العمومية الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٧ .

(٢) بفرض أن المسافة بين نقطة الارتكاز ومركز ثقل الوزى تساوى l (م)، وأن عجلة الجاذبية هي g (م/ث^٢)، تكون فترة الذبذبة هي T (ثانية)، ويعبر عنها كما يلي :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

(٣) يتم تداول أنظمة التفرق (التبعثر) الدينامي (DS) وتأثير المجال (FE).

وهذا الوصف هو عن نظام التفرق (التبعثر) الدينامي .

(٤) وحدات سرعة الدوران هي لفات / ثانية (رمز الوحدة : ث - ١ أو لفة / ث) ،
لفات/دقيقة (رمز الوحدة : ق-١ أو لفة/ق) ، لفات/ساعة (رمز
الوحدة : ساعة-١ أو لفة/ساعة) . "rpm" هو اختصار لـ لفة فى الدقيقة
(لفة/ق) .

الفصل الخامس

استخدام أجهزة قياس الموائع INSTRUMENTATION OF FLUID

٥ - ١ استخدام أجهزة قياس الضغط

Instrumentation of Pressure

وحدة الضغط هي باسكال (Pa) . يستخدم الـ كجم قوة/سم^٢ في الصناعة على نطاق واسع . وبالإضافة إلى هذا ، يستخدم الضغط الجوي (atm) ، وارتفاع عمود الزئبق (mHg) ، وارتفاع عمود الماء (mH₂O or mAq) . وفي الأرصاد الجوية ، يستخدم الـ "بار" ، كوحدة لقياس الضغط .

والعلاقات بينها تكون كما يلي :

$$1 \text{ باسكال} = 1 \text{ نيوتن/م}^2 = 1.01972 \times 10^{-5} \text{ كجم قوة/سم}^2$$

$$1 \text{ كجم قوة/سم}^2 = 0.735559 \text{ mHg} = 0.980665 \text{ بار}$$

$$1 \text{ جـ} = 10.3323 \text{ mH}_2\text{O} = 0.760 \text{ mHg}$$

$$1.01325 \text{ بار} = 1.03323 \text{ كجم قوة/سم}^2$$

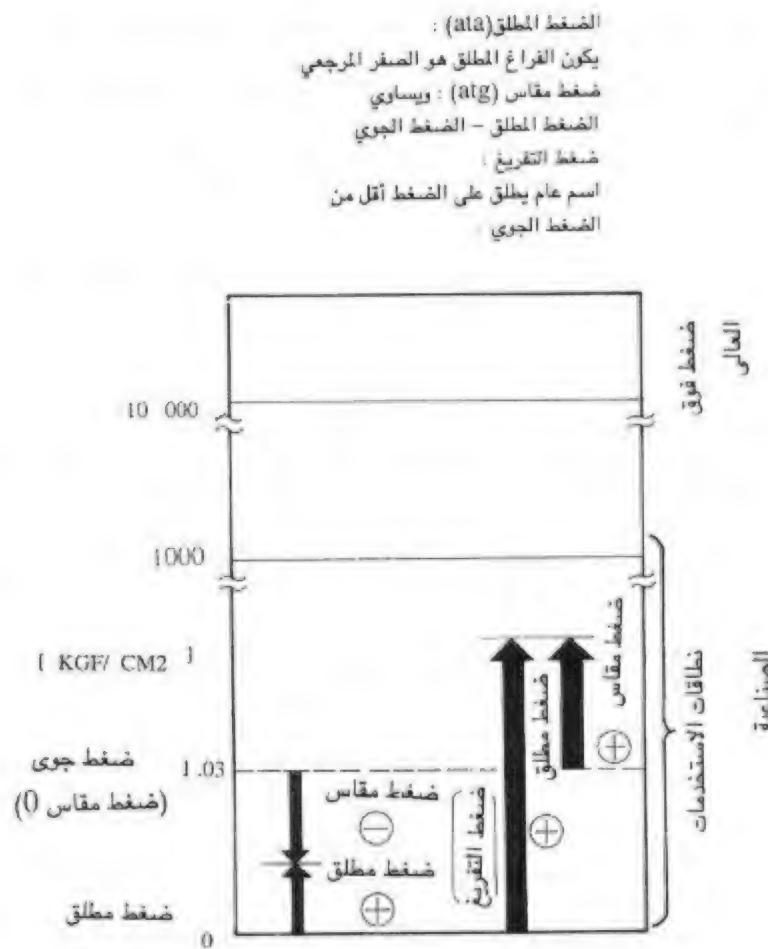
$$1 \text{ بار} = 10^5 \text{ نيوتن / م}^2 = 1.01972 \text{ كجم قوة / سم}^2$$

وفي الاستخدامات الهندسية ، تستخدم كثيراً مقاييس الضغط المطلق والضغط المقاس، كما يظهر في الشكل ١-٥ .

١-١-٥ أنواع ومدى قياس مقاييس الضغط

Types and Measuring Ranges of Pressure Gauges

تقاس الضغوط باستعمال نفس المبادئ التي تستخدم لقياس القوة . وتصنف مقاييس الضغط^(١) إلى نوع العمود السائل ، الذي يتوازن مع الوزن ذي المستوى المعروف ، والنوع المرن ، الذي يستخدم إزاحة جسم مرن ، والنوع الكهربائي الذي يستخدم ظاهرة كهربائية



الشكل ١-٥ التعبير عن الضغط

الدقة	مدى القياس	النوع	
0.1 mmH ₂ O (أو mm Hg)	10 ~ 2 500 mm H ₂ O (أو mm Hg)	انبوبة على شكل U	نوع العمود السائل
		أنبوبة واحدة	
		الإنبوبة المائلة	
		موازن حلقي	
0.05 mmH ₂ O	10 ~ 50 mmH ₂ O		نوع العمود السائل
1%	20 ~ 2 500 mm H ₂ O		
1 ~ 2%	5 ~ 300 mm H ₂ O	جرس	
1 ~ 2%	0.5mmH ₂ O ~ 4 000kgf/cm ²	انبوبة بوردون	
	10mmH ₂ O ~ 2 kgf/cm ²	الغشاء (معدني)	النوع المرن
	1 ~ 2 000 mmH ₂ O	الغشاء (غير معدني)	
	10 mmH ₂ O ~ 10 kgf/cm ²	منفاخ	
	10 ~ 1 500 mmH ₂ O	غرفة تفريغ	
0.1%	2 ~ 4 000 kgf/cm ²	نوع الوزن	الكهربائي
2%	1 000 kgf/cm ²	سلك مقاومة	
	5 ~ 1 000 kgf/cm ²	كهربائي إجهادي	

الجدول ١-٥ أنواع ومدى قياس ودقة مقاييس الضغط

يُذَوّن الجدول ١-٥، أنوع ومدى قياس ودقة مقاييس الضغط الرئيسية.

تمرين ١

أوجد القيمة المطلقة للضغط عندما يكون الضغط المقاس هو 8 كجم قوة/سم^٢.

(الإجابة: 9.033 كجم قوة/سم^٢)

تمرين ٢

إذا كان ضغط تفريغ المضخة هو 1.5 كجم قوة/سم^٢، فما هو ارتفاع الماء الذي يمكن للمضخة أن ترفعه ؟

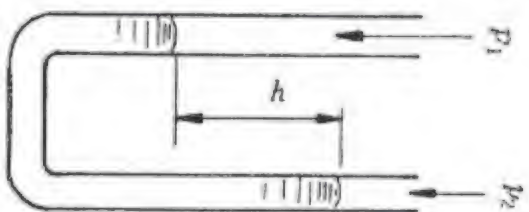
(الإجابة: 15.0 م).

١-٥-٢ مقاييس الضغط بعمود سائل Liquid Column Pressure gauges

تنقسم مقاييس الضغط ذات عمود السائل إلى الأنواع : أنبوية حرف U وأنبوية مائلة وأنبوية واحدة كما في الشكل ٢-٥ (أ)، (ب)، (ج).

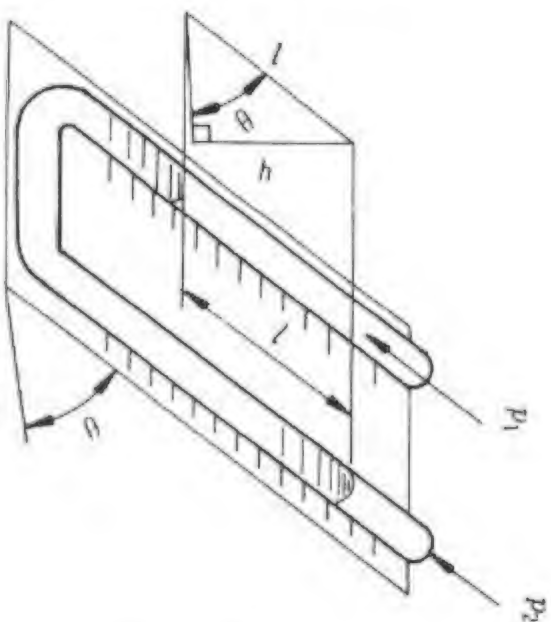
١-٥-٣ المبين المرن لقياس الضغط Elastic Pressure Indicator

يقيس المبين المرن للضغط ، بناءً على إزاحة جسم مرن . وتنقسم مبيّنات الضغط المرنة تبعاً للجسم المرن الذي يتلقى الضغط ، إلى النوع ذي أنبوبة بوردون ، والنوع ذي الغشاء ، والنوع ذي المنفاخ ، كما في الشكل ٣-٥ (أ)، (ب)، (ج) .



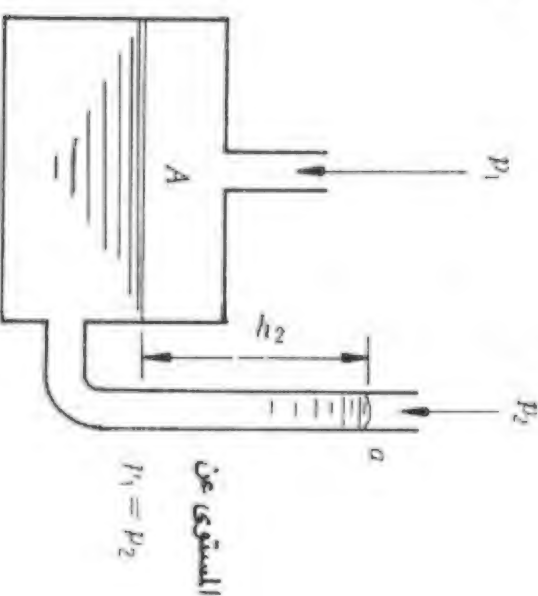
$$P_1 - P_2 = \gamma h$$

الوزن النوعي للسائل : γ
(أ) الأنبوبة على شكل U



$$l = \frac{h}{\sin \theta}, \quad \text{التكبير يساوي} \quad = \frac{1}{\sin \theta} \quad (< 10)$$

(ب) نوع الأنبوبة المسائلة



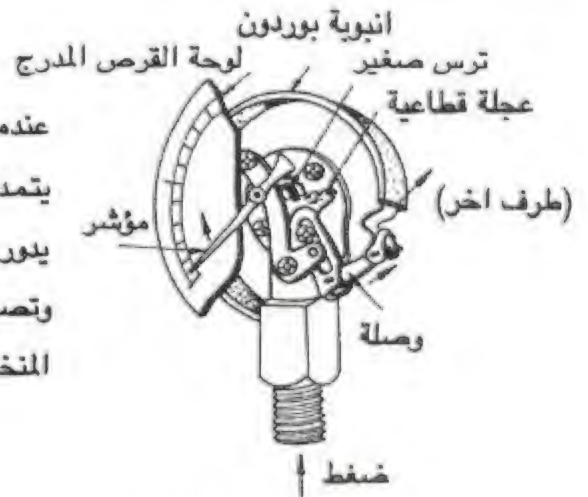
$$P_1 - P_2 = \gamma h_2 \quad (A \gg a)$$

الوزن النوعي للسائل : γ

(ج) نوع الأنبوبة الواحدة

الشكل ٥ - ٢ مقاييس الضغط بعمود سائل

عندما يدخل الضغط المقاس من الطرف الثابت لأنبوبة بوردون ، يتمدد الطرف الحر على شكل قوس تبعاً للتغير في الضغط . ثم يدور المؤشر عن طريق الترتيبة - الوصلة والعجلة القطاعية () . وتصنع أنبوبة بوردون من نحاس برونزي فسفوري للضغط المنخفض ، وتصنع من سبيكة الصلب للضغط المرتفع .



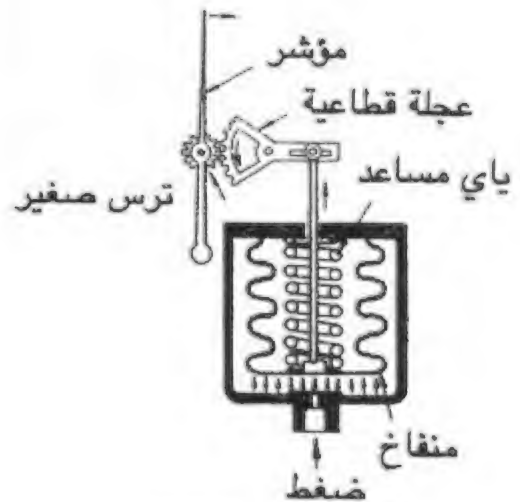
(أ) مقياس ذو أنبوبة بوردون

الغشاء (الرقيق) عبارة عن قرص مستوي أو قرص مموج . ويتم تكبير الإزاحات، وهي تناظر الضغط الفرقي الذي يقع على القرص (على الجانب العلوي والسفلي) ويتم بيانها عن طريق الوصلة والعجلة القطاعية، وتصنع مادة الغشاء من الصلب ، والصلب غير القابل للصدأ والبرونز الفسفوري ، والنحاس للضغط العالي ، وتصنع من المطاط والجلد كمادة غير معدنية للضغط المنخفض .



(ب) مقياس ذو غشاء

يتوازن التغير في الضغط الخارجي تماماً عن طريق مرونة المنفاخ وقوة الياي المساعد . ويتم تكبير وبيان مقدار الانحراف



(ج) النوع ذو المنفاخ

الشكل ٥ - ٣ مقاييس مرنة لقياس الضغط

٤-١-٥ المَبِّين الكهربائي لقياس الضغط Electric Pressure Indicator

[١] مَبِّين الضغط ذو المقاومة الكهربائية

تنقسم مبيّنات الضغط ذات المقاومة الكهربائية، بشكل عام ، إلى الأنواع التي تستخدم خلية حمل باستعمال مقياس انفعال ذي سلك مقاومة، وتلك التي تعتمد على تغيرات سلك مقاومة كهربائية ، تنتج من ضغط سبيكة مثل المنجنين (سبيكة تحتوى على 83% نحاس ، 12.7% منجنيز، 3.9% نيكل) ، وهي تستخدم فى قياس الضغط العالي.

[٢] مَبِّين الضغط الكهربائي الإجهادي

يعتمد مَبِّين الضغط الكهربائي الإجهادي على التأثير الكهربائي الإجهادي للكوارتز ، وتيتانيوم الباريوم أو مواد أخرى. وهو يستجيب بسرعة ويستخدم لقياس التموجات السريعة للضغط .

٥-١-٥ مقياس التفريغ Vacuum Gauge

تسمى أجهزة القياس التي تقيس الضغط الأقل من الضغط الجوى بمقاييس التفريغ. وتستخدم المقاييس ذات حرف - U وذات أنبوبة بوردون أيضا فى قياس ضغط التفريغ. ويستعمل مقياس التفريغ لماكليود كمرجع لمقاييس التفريغ، ويظهر فى الشكل ٤-٥ .

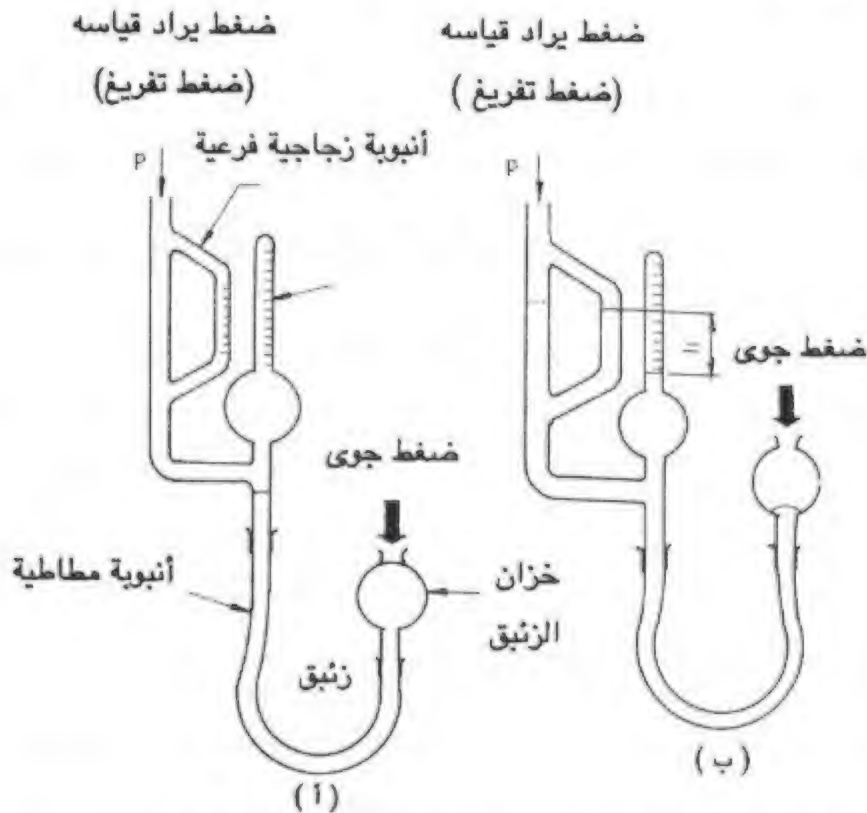
تتناسب الموصلية الحرارية للغازات مع الضغط، وذلك تحت تأثير ضغط تفريغ ثابت . ويستخدم مقياس بيرانى وأجهزة أخرى بكثرة كمحولات طاقة فى مقاييس التفريغ التي تعتمد على هذه الظاهرة .

٥-٢ استخدام أجهزة قياس الانسياب Instrumentation of Flow

تستخدم الطرق التالية بكثرة فى استخدام أجهزة قياس الانسياب :

(١) استخدام آلية خانقة ، ويحسب الانسياب عن طريق الضغط الفرقى (التفاضلى) قبل وبعد الخنق .

- (٢) قياس سرعة الانسياب، ويحسب الانسياب عن طريق السرعة ومساحة المقطع.
- (٣) يستخدم عضو دوار أو دقاعة مع الانسياب، ويحسب الانسياب على أساس سرعة الدوران لها.



كما في الشكل (١)، ينخفض مستودع الزئبق ويدخل الضغط المطلوب لقياسه. وبعد ذلك يتحرك مستودع الزئبق إلى أعلى كما في الشكل (ب)، ويقفل الغاز (الضغط P) في الوعاء الزجاجي. ويتم الحصول على ضغط التفريغ عن طريق فرق ارتفاع مستوى الزئبق بين الوعاء الزجاجي والأنبوبة الزجاجية الفرعية.

الشكل ٥-٤ مقياس التفريغ لماكليود Macleod

- (٤) تستخدم المحائة الكهرومغناطيسية الناتجة من انسياب المائع في مجال كهربائي.
- ويجب أن تؤخذ في الاعتبار تأثيرات خصائص المائع، ومدى الانسياب، ودقة القياس، ودرجة حرارة المائع والضغط واللزوجة والمعاملات الأخرى، وذلك عند اختيار مقياس الانسياب.

٥-٢-١ مقياس الانسياب بالضغط الفرقى (التفاضلى)

Differential Pressure Flowmeter

فى حالة توفر خانق ، فى جزء من خط الأنابيب ، ذى فتحة ، أو فوهة أو أنبوبة فنتورى ، كما فى الشكل ٥-٥ ، يتغير الجذر التربيعى للفرق فى الضغط قبله وبعده بالتناسب مع معدل ضغط الانسياب . ويتميز مقياس الانسياب بالضغط الفرقى بأنه ذو تركيب بسيط ودقة عالية، وهو يستخدم بكثرة.

وفى كلتا الحالتين ، يمكن حساب الانسياب Q (م^٣/ث) لسائل كما يلى، باستعمال نظرية ومعادلة برنولى :

$$Q = \alpha A \sqrt{\frac{2g}{\gamma} (P_1 - P_2)} \quad (5-1)$$

حيث α : معامل الانسياب

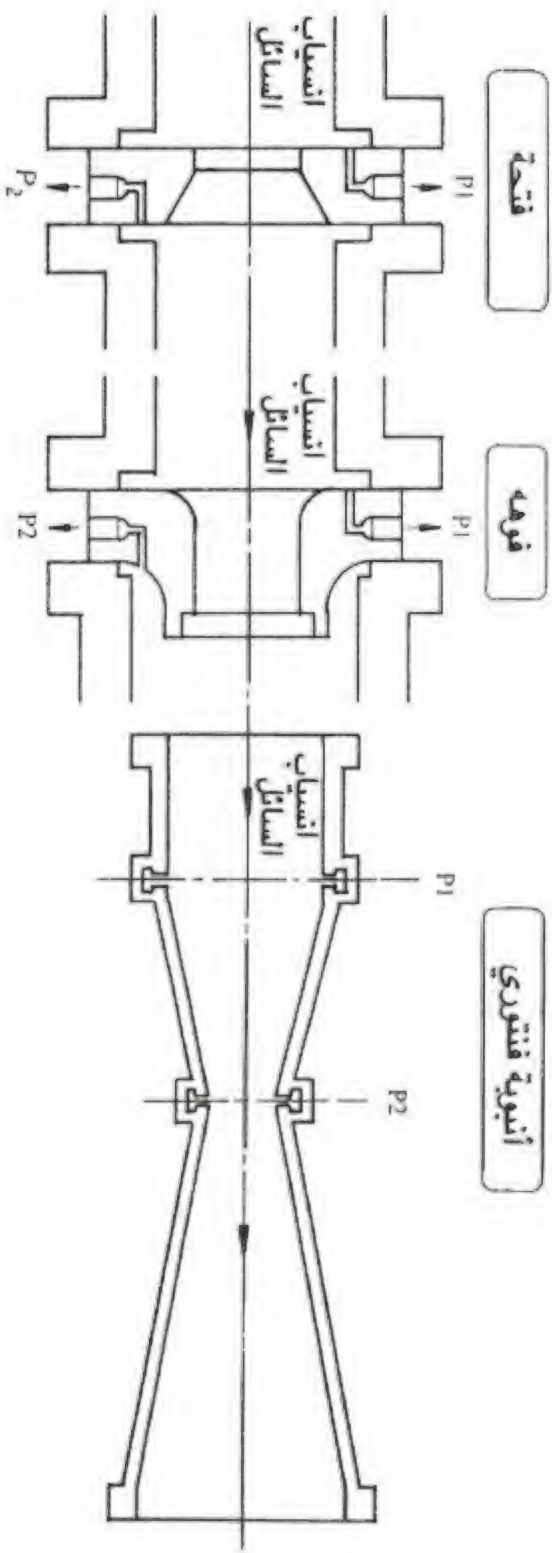
A : مساحة مقطع أقل جزء فى الخانق (م^٢)

g : عجلة الجاذبية (م/ث^٢)

γ : الوزن النوعى للسائل (كجم قوة / م^٣)

$(p_1 - p_2)$: الضغط الفرقى (كجم قوة / م^٢)

الفتحة : سهولة التنفيذ وبسيطة في التركيب وهي ذات فقد كبير في الضغط .
 الفوهة : صعبة في التنفيذ وعالية التكاليف .
 أنبوية فنتوري : ذات فقد قليل في الضغط ودقة عالية في القياس وتحتاج إلى مكان كبير .



الشكل ٥ - ٥ فتحة ، فوهة ، وأنبوية فنتوري
 Orifice , Nozzle and Venturi Tube

٥ - ٢ - ٢ مقياس الانسياب دوران المساحة

Area Flowmeter

يحدث الانسياب في حالة مقياس الانسياب بالضغط الفرقي (التفاضلي) بتثبيت مساحة الخائق ، وتنتج تموجات (تقلبات) في الضغط الفرقي قبل وبعد الخائق. ويقوم مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة، بحساب الانسياب عن طريق تغيير مساحة مقطع الخائق للمحافظة على ضغط فرقي ثابت دائماً .

وكما يظهر في الشكل ٥-٦ ، فإن تركيب مقياس الانسياب على أساس تغيير المساحة بسيط، ولا يلزم معه وجود أنابيب مستقيمة قبل أو بعد بوابة خروج الضغط الفرقي. ويمكن تركيبه مباشرة على خط أنابيب. ويستخدم لقياس الانسيابات الصغيرة، التي لا يمكن قياسها بواسطة مقياس الانسياب بالضغط الفرقي أو في حالة الموائع ذات درجة اللزوجة العالية نسبياً .

٥ - ٢ - ٣ مقياس الانسياب بإزاحة موجبة

Positive Displacement Flowmeter

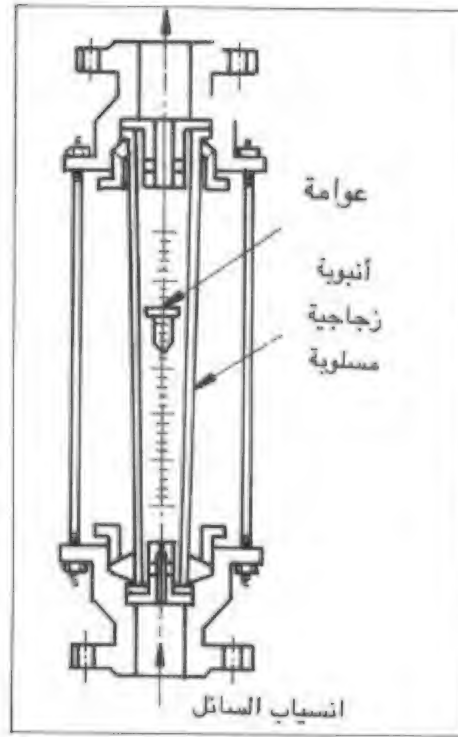
يقوم هذا المقياس بتكامل الأحجام المكعبة للموائع في أنبوبة باستخدام معيار لحجم تكعيبي ثابت ، وهو ينقسم إلى الأنواع التالية :

[١] مقياس الانسياب البيضواوي Oval Flowmeter

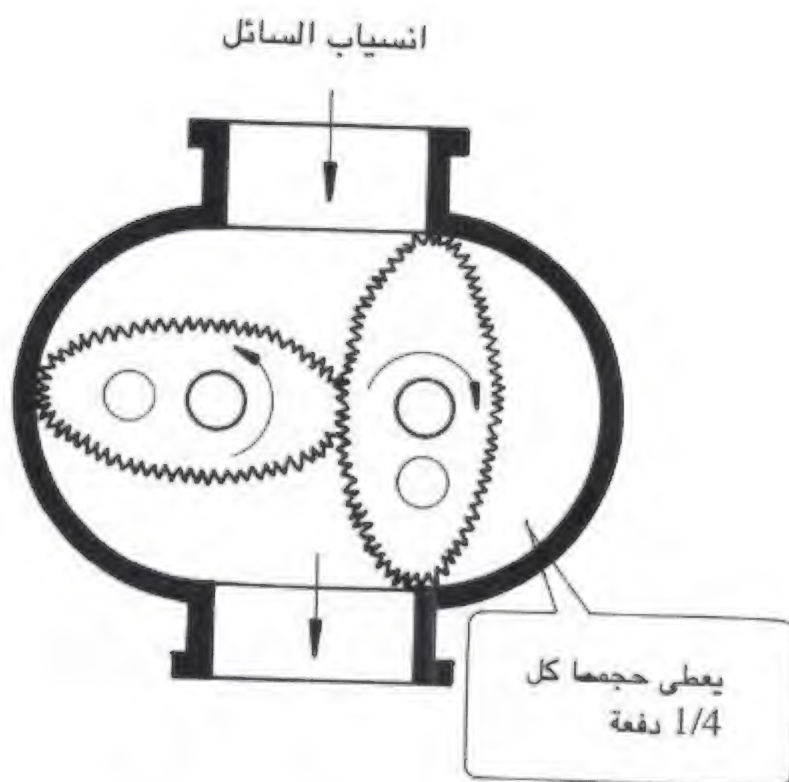
كما يظهر في الشكل ٥-٧، تدور عجلتان بيضاويتان مسننتان بالتبادل ويمكن الحصول على انسياب حجمي على أساس عدد لفات العجلات المسننة.

تستخدم مقاييس الانسياب البيضواوية في قياس انسياب سوائل ذات درجات لزوجة مختلفة بما فيها البنزين والزيوت الثقيلة .

ينساب السائل من أسفل إلى أعلى فى الأنبوبة الزجاجية
المسلوبة ، فتبدأ العوامة فى التحرك إلى أعلى ، وتتوقف العوامة
فى وضع موازنة تام بين وزنها (وزنها ناقص الطفوية) والضغط
الفرقى أعلى وأسفل العوامة ، وبذلك يتم الحصول على كمية
الانسياب . ويسمى مقياس الانسياب على أساس تغير المساحة
بمقياس العضو الدوار ، عادة ، ويستخدم بكثرة .



الشكل ٥-٦ مقياس الانسياب على أساس تغير المساحة من نوع العوامة

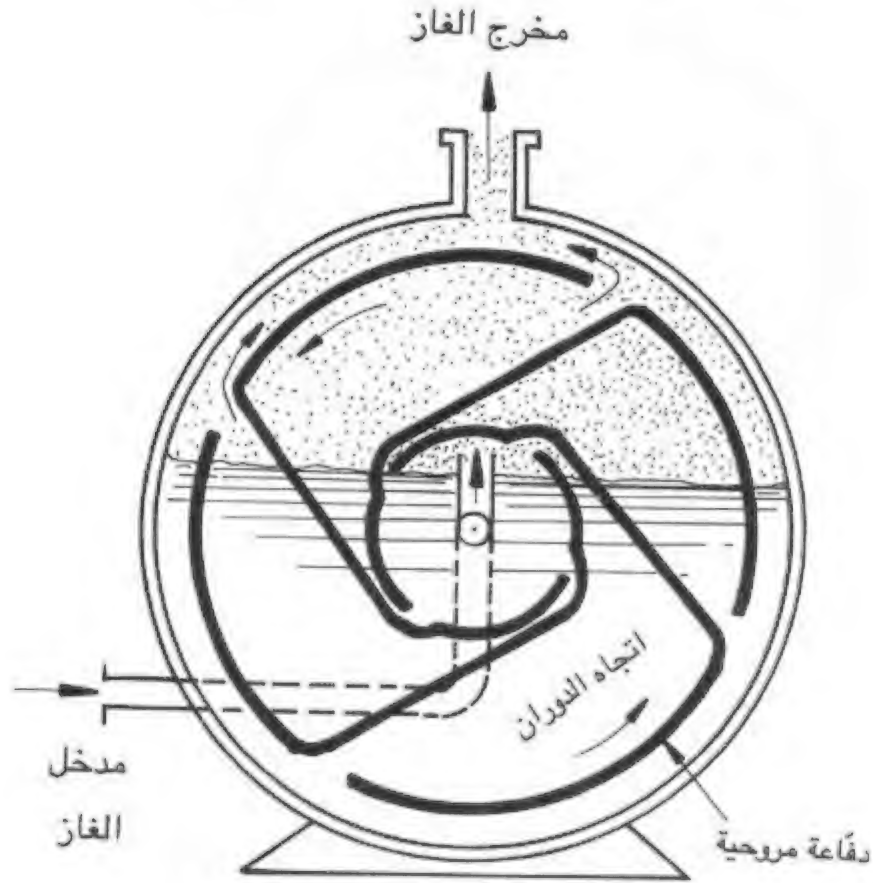


الشكل ٥ - ٧ مقياس الانسياب البيضاوي

[٢] مقياس الغاز الرطب Wet Gas Flowmeter

يمكن لهذا المقياس قياس مقادير من الغازات التي تمر على أساس عدد اللفات ، كما في الشكل ٥-٨. ولهذه المقاييس دقة جيدة (0.5%) وفقد صغير في الضغط ، ولذلك تستخدم بكثرة في أغراض التجارب والفحص، وكذلك في التعاملات التجارية الكبيرة ، والتعاملات مع الحجوم في المصانع.

يرسل الغاز من مدخل الاسطوانة التي
تحتوى على ماء ذي مستوى ثابت من الداخل .
والفرق في الضغط للغاز بين المدخل والمخرج
يدير الدفاعة المروحية في اتجاه السهم .

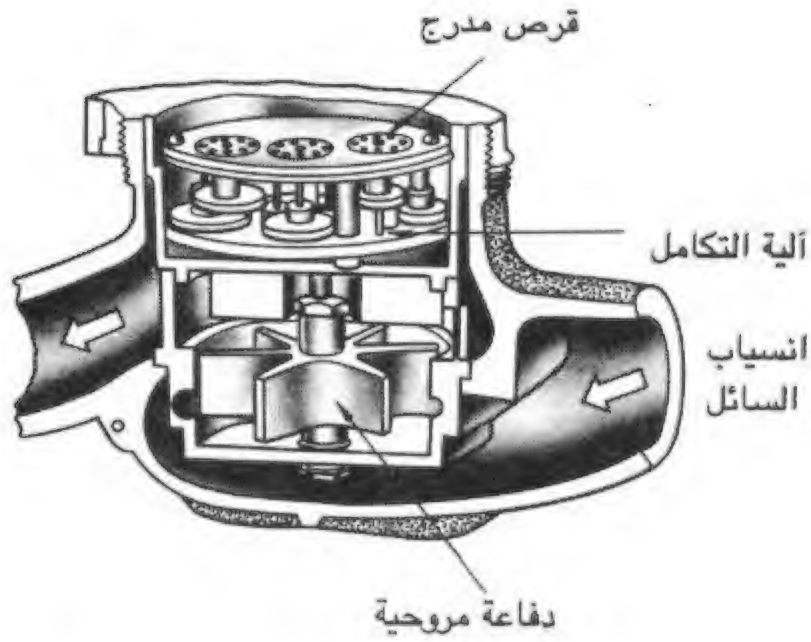


الشكل ٨-٥ مقياس الغاز المبلل

٤-٢-٥ مقياس الانسياب المروحي (بدفاعة) Impeller Flowmeter

يبين الشكل ٩-٥، تركيب مقياس الانسياب المروحي ، الذي يستخدم في مقياس المياه المنزلى (عداد المياه المنزلى) . ولقياس الانسياب المروحي دقة (4%) وحساسية أقل من مقياس الانسياب بالازاحة الموجبة، ولكنه بسيط التركيب وعالى المتانة.

تتحول طاقة السائل إلى دوران الدفاعة المروحية .
ينساب السائل بطريقة مماسة لها . ويتناسب دوران
الدفاعة المروحية مع سرعة السائل . وعليه تحسب القيمة
التكاملة للسائل عن طريق دورانه .



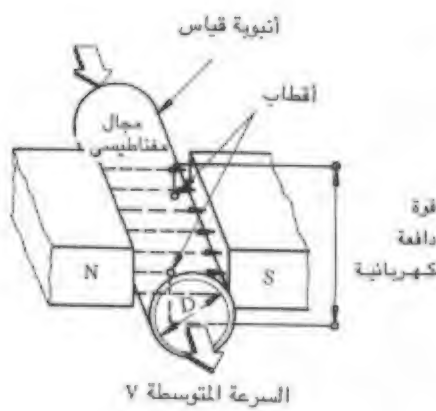
الشكل ٩-٥ مقياس الانسياب المروحي (نو دُفاعة مروحية)

وبدلاً من استخدام آلية التكامل الميكانيكية العادية ، تعتمد مقاييس الانسياب ذات
البيان الرقمي على شبه موصل لعنصر مقاومة مغناطيسي مصنوع من مركب من الأندريوم
والأنتيمون، يثبت على الجدار الجانبي للأنبوبة . وتتحول دورات الدفاعة إلى تغيرات في
المقاومة الكهربائية الناتجة من تغيرات المجال المغناطيسي، وتنتج إشارات كهربائية تناظر
دورات الدفاعة وعدد أسنان العجلة المسننة .

٥-٢-٥ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي

Electromagnetic Flowmeter

يستخدم مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي بكثرة في نطاق كبير من الاستخدامات بدءاً من قياس الانسياب في المواسير الرئيسية ذات القطر الكبير لمياه المدينة ، حتى قياس الانسيابات الدقيقة للدم في الأوعية الدموية . ويبين الشكل ٥-١٠ ، المبادئ الخاصة به .



عندما ينساب السائل في مجال مغناطيسي تنتج قوة دافعة كهربائية (تتناسب مع السرعة المتوسطة) تتعاود مع المجال المغناطيسي .
وعلى ذلك ، في حالة أنبوبة مجوفة ذات قطر ثابت ، يكون جهد الخرج (الذي ينتج عن زوج من الأقطاب) متناسباً مع كمية تفريغ السائل .
حيث $E = BDV$
E : جهد الخرج (فولت)
B : الحث المغناطيسي (ويبر / م^٢)
V : السرعة المتوسطة (م / ث)

الشكل ٥-١٠ مقياس الانسياب الكهرومغناطيسي

٥-٣ استخدام أجهزة قياس مستوى السائل

Intrumentation of Liquid Level

٥-٣-١ مابين مستوى السائل ذو العوامة

Float Liquid Level Indicator

كما يظهر في الشكل ٥-١١ ، يستخدم هذا المبين عوامة تطفو على سطح السائل ويقاس مستوى السائل بناءً على موضع العوامة .

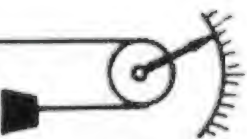
٥-٣-٢ مَبِين مستوى السائل بالضغط

Pressure Liquid Level Indicator

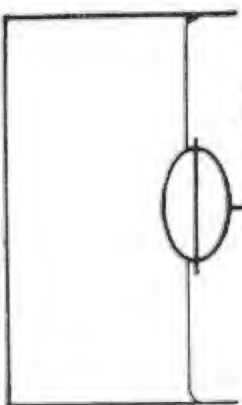
كما يظهر في الشكل ٥-١٢ ، يقوم هذا المبين بتحديد ارتفاع سطح السائل h من الوضع الذي يتم فيه القياس ، بناءً على مستوى الضغط المناسب .

وكما في الشكل ٥-١٣ ، يحتوى الخزان المرجعي للمبين، الذي يستخدم للتحكم في مستوى السائل في الغلايات أو المعدات الأخرى ، على ماء متكثف عن طريق مبرد مملوء بماء حتى مستوى معين ، تم تحديده مسبقاً (فوق الزئبق) . ويفرض أن الوزن النوعي للزئبق هو γ_g وللماء المتكثف هو γ في نفس الوقت ، تنتج العلاقة $(h_g + h) = \gamma_g h_g$. وعلى ذلك ، يمكن معرفة h بقياس h_g . وفي الحقيقة ، كثيراً ماتم القياسات باستخدام محول طاقة بالضغط الفرقي (التفاضلي) أو محول فرقي (تفاضلي) .

قرص مدرج يبين
مستوى المادة



وزن



عوامة

(أ) النوع ذو العوامة والكبل

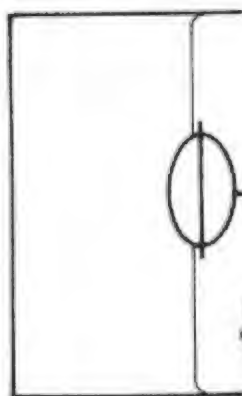
مقياس المستوى (مستقبل)

محرك متزامن



وزن

عوامة



(ب) النوع ذو المحرك المتزامن

مقياس المستوى

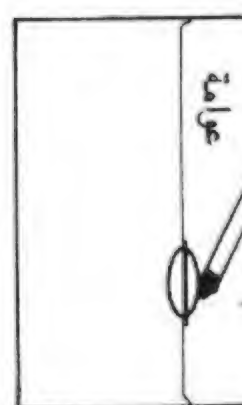
(أميتر)



ريوستات متحرك

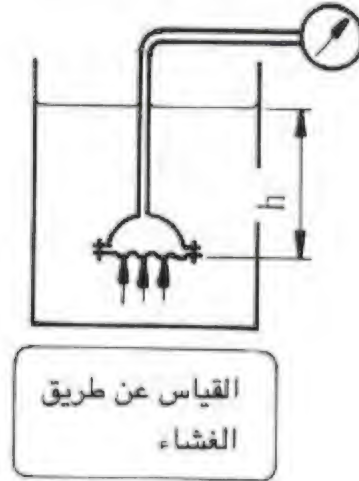
منزلق

عوامة

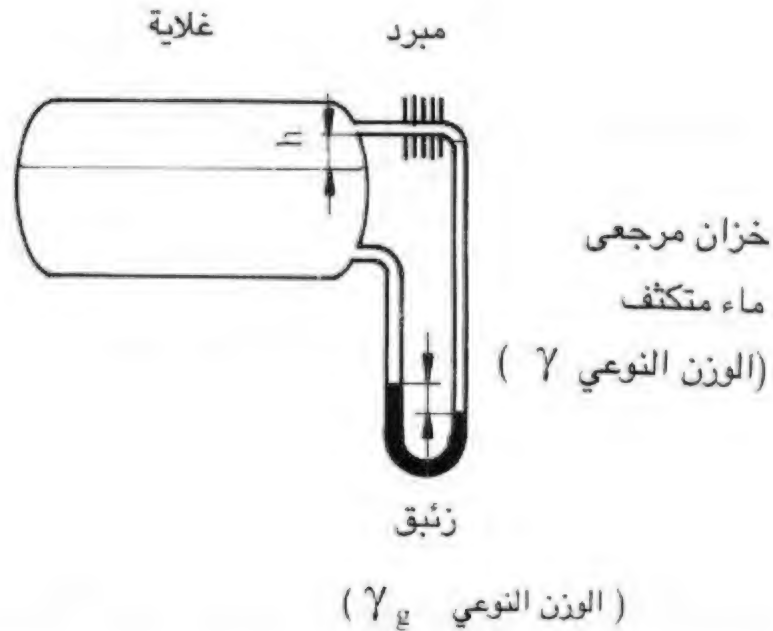


(ج) النوع ذو المقاومة

الشكل ٥ - ١١ مبين مستوى السائل ذو العوامة



الشكل ١٢-٥ مبدن مستوى السائل بالضغط

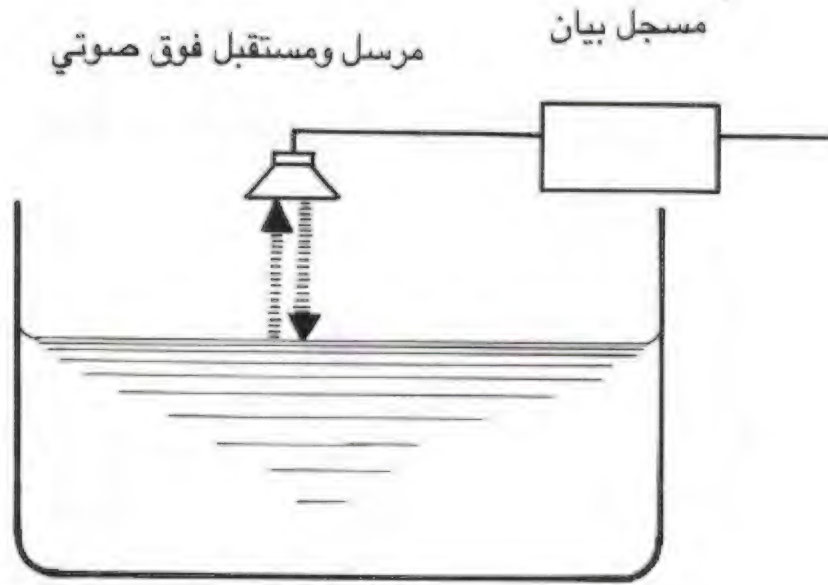


الشكل ١٣-٥ مبدن مستوى السائل بالضغط الفرقى (التفاضلى)

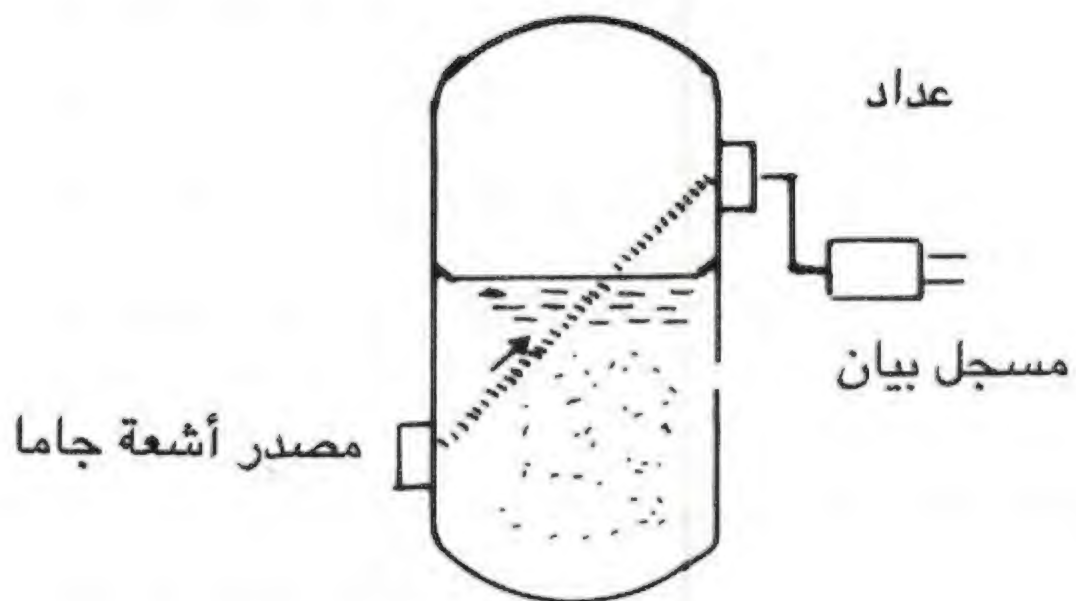
٥ - ٣ - ٣ مبيّنات أخرى لمستوى السائل

يمكن قياس ارتفاعات مستوى السائل باستخدام مرسل / مستقبل فوق صوتي كما يظهر في الشكل ٥-١٤، وتستخدم هذه الطريقة لكشف أسطح المساحيق والحبيبات .

ويبين الشكل ٥-١٥، طريقة بث شعاع إشعاعي ذي نفاذية قوية، مثل أشعة جاما ، من الخارج، وتتناسب إشارة دخل الكاشف مع تغيرات مستوى السائل، وبذلك يمكن تحديد ارتفاع مستوى السائل. وتستخدم هذه الطريقة في حالة تعذر وضع عنصر القياس في الخزان بسبب درجة الحرارة العالية أو لأسباب أخرى .



الشكل ٥-١٤ مبيّن مستوى السائل فوق الصوتي Ultrasonic



الشكل ٥-١٥ مبین مستوى السائل بشعاع إشعاعي Radiation ray

تمريعات

١ - اذكر مقياس الضغط الأكثر مناسبة لمقياس الضغط في كل حالة من الحالات الآتية:

- (١) الغاز المنزلي في المدينة .
- (٢) دفع هواء إلى فرن الصهر .
- (٣) آلية التشغيل الهيدروليكية لآلة تشغيل .
- (٤) الضغط داخل اسطوانة محرك الاحتراق الداخلي .

٢- اذكر جهازا لمقياس الضغط بطريقة كهربائية باستخدام مقياس ضغط بعمود سائل، وبينه برسم تخطيطي .

٣- إذا كان الضغط الفرقي قبل وبعد مقياس الانسياب هو $p_1 - p_2 = 50$ مم ماء (H_2O) ، عندما كانت $A = 30$ سم^٢ و $\alpha = 0.98$ في أنبوبة فنتوري ، فما هو الانسياب ؟

(الإجابة: 2.9×10^3 سم^٣/ث)

- ٤ - إذا كان ضغط الهواء في مَبِين مستوى السائل بالضغط ، في الشكل ٥-١٢ ، هو 530 مم ماء (H_2O) على مقياس الضغط ، وبفرض أن الوزن النوعي للسائل في الخزان هو 0.8 ، فما هو ارتفاع مستوى السائل ؟
- (الإجابة : 66.3 سم)

٥ - بأي طريقة يتم بيان مقدار البنزين في خزان وقود السيارة على العداد (الموجود) أمام كرسي السائق ؟

٦ - ما هي الطريقة التي يوصي بها لقياس مستويات السوائل الآتية :

- (١) مستوى السائل في خزان محكم .
- (٢) القياس عن بعد لمستوى مياه سد .

هوامش

(١) تنقسم مقاييس الضغط إلى مقاييس ضغط (أعلى من الضغط الجوي)، ومقاييس تفريغ (أقل من الضغط الجوي) ومقاييس ضغط مركبة (تؤدي وظائف كل من مقاييس الضغط والتفريغ). ومقاييس الضغوط التي تتراوح (تتماوج) في زمن قصير داخل اسطوانات محركات الاحتراق الداخلي تسمى مبيّنات ضغط وتختلف عن مقاييس الضغط .

الفصل السادس

استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة والرطوبة INSTRUMENTATION OF TEMPERATURE AND HUMIDITY

٦ - ١ استخدام أجهزة قياس درجة الحرارة

درجة الحرارة هي الكمية التي تبين عددياً درجة البرودة أو الدفء، ويعبر عنها بدرجة الحرارة الترمودينامية أو المئوية .

٦-١-١ مقياس درجة الحرارة Temperature Scale

يستخدم مقياس درجة الحرارة الترمودينامي المبني على أساس قانون التمدد الحراري للغاز المثالي كوحدة رئيسية لمقياس درجة الحرارة .

* ويعبر عن وحدة درجات الحرارة في مقياس درجة الحرارة الترمودينامي بـ كلفن (رمزها: K) ، وتستخدم الدرجة 273.16 كلفن كنقطة ثلاثية للماء (١) .

وبشكل عام ، يستخدم مقياس درجة الحرارة المئوية (رمزها: °م) للتعبير عن درجة الحرارة . ويستعمل هذا المقياس نقطة التجمد صفر °م ونقطة الغليان 100°م للماء . وترتبط درجة الحرارة المئوية t °م ودرجة الحرارة الكلفنية T (كلفن) بالعلاقة :

$$t (^{\circ}\text{C}) = T (\text{K}) - 273.16 \quad (6-1)$$

ومقياس درجة الحرارة الترمودينامي عبارة عن مقياس رئيسي نظري . غير أنه ليس مناسباً في الاستخدام ، ولذا يستخدم مقياس درجة الحرارة العملي الدولي ، الذي تم

ضبطه ليتطابق مع المقياس المئوي لدرجة الحرارة. ولقد وضع مقياس درجة الحرارة العملى الدولى باستخدام بيان أجهزة القياس التي تم ضبط مقاييسها على أساس درجات حرارة حالات المواد التي يمكن إعادة إنتاجها بسهولة (بتعريف النقطة الثابتة) ، كما هو موضح في الجدول ١-٦ .

٢-١-٦ أنواع ومدى القياس للترمومترات

Types and Measuring Ranges of Thermometer

تنقسم الترمومترات ، بشكل تقريبي ، تبعاً لطريقة القياس إلى طريقة التلامس ، وفيها يتم القياس بالتلامس المباشر مع الجسم ، وطريقة عدم التلامس ، وفيها يتم القياس من مكان بعيد . ويلخص الجدول ٢-٦ ، أنواع ونطاقات العمل وخصائص الترمومترات التي تستخدم حالياً في الصناعة .

٣ - ١ - ٦ الترمومتر المعدني Metallic Thermometer

للترمومترات المعدنية تركيب بسيط وقوة دفع كبيرة وهي قوية ، ويمكن لبعضها أن يعمل ليس فقط كمؤشر وقلم تسجيل ، ولكن كمنظم لدرجة الحرارة أيضاً ، غير أن الترمومترات المعدنية لا تستطيع أن تقيس التغيرات الصغيرة في درجات الحرارة أو درجات الحرارة العالية (أكبر من 600°C) .

الترمومتر ثنائي المعدن : الثنائي المعدني عبارة عن رقيقة من لوحين من نوعين مختلفين من المعادن ، تختلف معاملات تمددها ، ويستخدم الثنائي المعدني في الترمومترات ، كما يستخدم أيضاً في مفاتيح التحكم في درجات الحرارة كمنظمات حرارة (ثرموستات) وفي أجهزة أخرى . (أنظر الشكل رقم ٦ - ١)

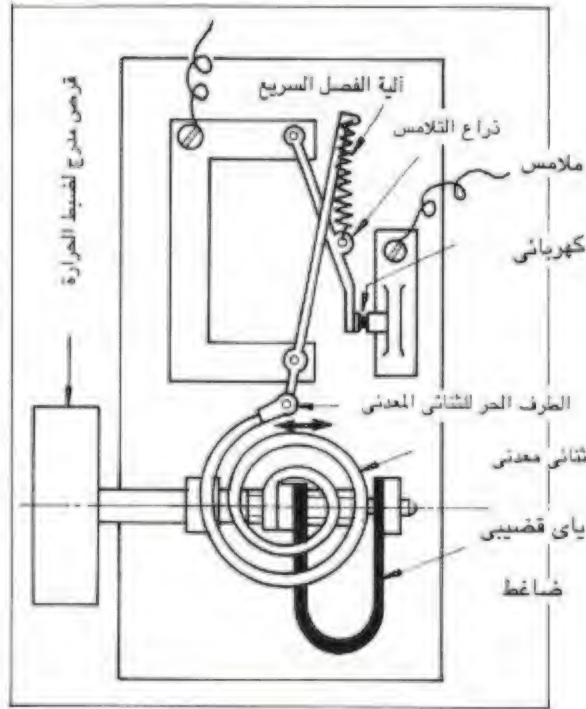
درجة الحرارة (°م)	ثابت الإلتزان
- 259.340	النقطة الثلاثية للإلتزان للهيدروجين
- 256.108	نقطة غليان الإلتزان للهيدروجين 25/76 جوي
- 252.870	نقطة غليان الإلتزان للهيدروجين *
- 246.048	نقطة غليان النيون *
- 218.789	النقطة الثلاثية للأكسجين
- 182.962	نقطة غليان الأكسجين
0.010	النقطة الثلاثية للماء
100.000	نقطة غليان الماء ، * ، **
419.580	نقطة تجمد الزئبق
961.930	نقطة تجمد الفضة
1064.430	نقطة تجمد الذهب

* حالة الإلتزان عند الضغط الجوي القياسي 101325 نيوتن/م² .
 ** نقطة تجمد القصدير 231.9681 م ممكنة بدلاً من الماء .

جدول ٦-١ تعريف النقطة الثابتة

طريقة القياس	مبدأ القياس	النوع	مدى القياس [م ⁹]	الخصائص
طريقة التلامس	إستخدام التمدد الحراري ، وتغير الضغط	ترمو متر من نوع سائل في زجاج	سائل عضوي	رخيص وسهل الإستخدام - سهل الكسر - تركيبه بسيط - دقة عالية
			زئبق (عادي)	
		ترمو متر معدني	ثنائي معدني	رخيص - للتحكم البسيط في درجة الحرارة
			مانع تحت ضغط (زئبق)	رخيص - للتسجيل المستمر والتحكم الأتوماتيكي
			ضغط البخار	
	إستخدام الظاهرة الحرارية الكهربائية	ترمو متر حراري كهربائي	مزدوجة حرارية B	للقياس في درجة حرارة عالية ، وفي حالة جزء صغير . للتحكم الأتوماتيكي . الأشكال المعقدة . يحتاج إلى وصلة مرجعية .
			مزدوجة حرارية R	
			مزدوجة حرارية S	
			مزدوجة حرارية K	
			مزدوجة حرارية E	
			مزدوجة حرارية J	
			مزدوجة حرارية T	
	إستخدام التغير في المقاومة الكهربائية	ترمو متر المقاومة	مقاومة Pt لقياس الحرارة	دقة جيدة عند درجة الحرارة العادية . للتحكم الأتوماتيكي . الوصلة المرجعية غير ضرورية . يلزم وجود مصدر قدرة . يغطي إستعمالات واسعة .
			مقاوم حراري	
طريقة عدم التلامس	إستخدام حرارة الإشعاع	ترمو متر بالأشعاع الحراري	بيرومتر ضوئي	قياس مباشر لدرجة حرارة السطح الخارجي لجسم أسود ، فإذا لم يكن الجسم أسوداً ، يلزم عملية التعويض
			ترمو متر بالأشعة تحت الحمراء	

الجدول ٦ - ٢ الأنواع ومدى القياس للترمو مترات



عندما ترتفع درجة الحرارة يتحرك الطرف الحر للثنائي المعدني في اتجاه اليمين فيدفع التلامس الكهربائي . وبعد مسافة ما من الضغط ، يتحرك ذراع التلامس في اتجاه اليسار فجأة ويقطع التلامس . وعندما تنخفض درجة الحرارة ، يترك الطرف الحر للثنائي المعدني في اتجاه اليسار وتقل الدائرة عن طريق اليأى اللولبي . وعندما يدور القرص المدرج لضبط درجة الحرارة ، يتحرك الطرف الثابت للثنائي المعدني في اتجاه اليمين واليسار ويتغير وضع فتح / قفل للملاص تبعاً لدرجة الحرارة . وبهذه الطريقة يمكن ضبط درجة حرارة مناسبة

الشكل ٦-١ ثرموستات ثنائي المعدن Bimetal Thermostat

٤-١-٦ الترمومتر الكهربائي Electric Thermometer

[١] الترمومتر الحراري الكهربائي Thermoelectric Thermometer

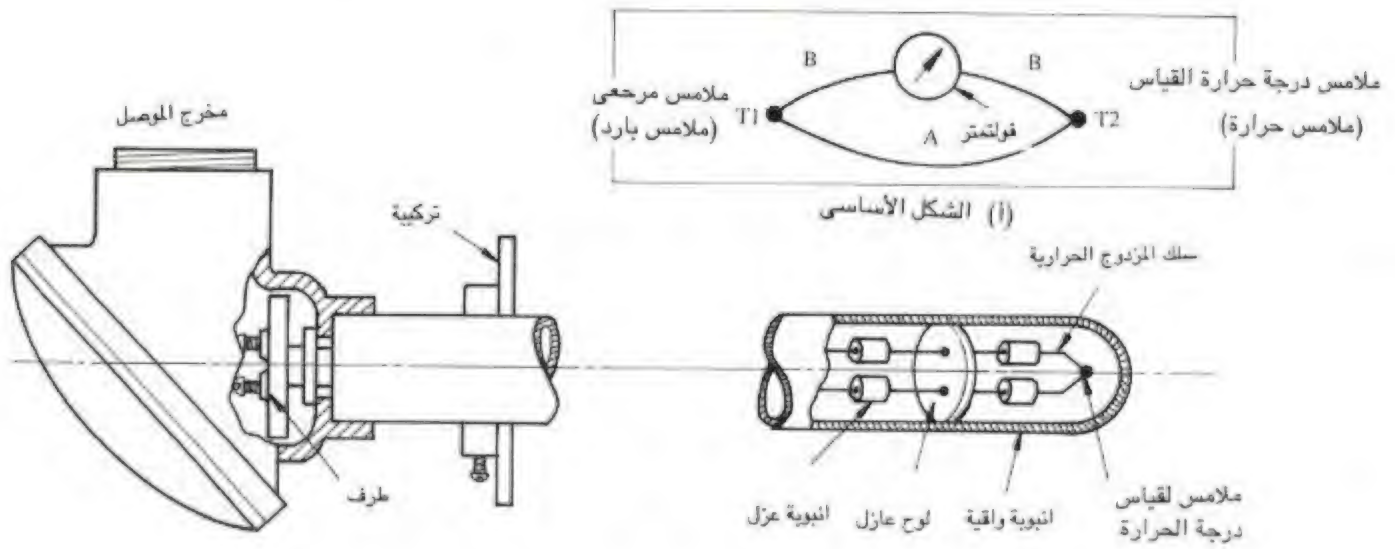
يقيس الترمومتر الحراري الكهربائي درجة الحرارة باستخدام القوة الدافعة الحرارية الكهربائية التي تتولد في مزدوجة حرارية . والمزدوجة الحرارية عبارة عن اتحاد معدنين مختلفين لتوليد قوة دافعة حرارية كهربائية . وكما يظهر في الشكل ٦-٢ (أ) ، تكون دائرة واحدة مقفلة باستخدام أسلاك معدنية من معدنين مختلفين A, B من نوع 104 من المعادن .

ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزعين المتصلين ($t_2 > t_1$) ، تتولد قوة دافعة كهربائية وتسبب مرور تيار. تسمى هذه الظاهرة التأثير الحراري الكهربائي أو تأثير سيبيك Seebeck. والقوة الدافعة الكهربائية الناتجة في هذا الوقت تسمى القوة الحرارية الكهربائية. ويتحدد مقدار هذه القوة الدافعة تبعاً لأنواع المعدنين المستخدممين والفرق في درجة الحرارة للجزعين المتصلين. والجزآن المتصلان ، يسمى أحدهما الوصلة المرجعية (وصلة باردة) ، والجزء الآخر لقياس درجة الحرارة ، يسمى وصلة قياس الحرارة (الوصلة الساخنة) .

وبشكل عام ، فللمزدوجة الحرارية أنابيب عازلة تثبت داخل أنابيب حماية معدنية أو غير معدنية كما في الشكل ٦-٢ (ب) . وفي الوقت الحالي ، تحدد الـ JIS سبعة أنواع كمزدوجات حرارية تستخدم في قياس درجات الحرارة ، كما في الجدول ٦-٣ .

[٢] الترمومتر ذو المقاومة Resistance Thermometer

تتغير المقاومة الكهربائية للأسلاك المعدنية أو أشباه الموصلات تبعاً لتغيرات درجة الحرارة . ويقيس الترمومتر ذو المقاومة درجة الحرارة باستخدام تغيرات المقاومة .



(ب) الرسم التخطيطي للمزدوجة الحرارية

الشكل ٦-٢ المزدوجة الحرارية Thermocouple

حدود الاستخدام (م ^٢)		المساعدة		الرمز السابق	الرمز
تسخين زائد	عادي	الجانب -	الجانب +		
1700	1500	سبيكة من البلاتين والروديوم (6% روديوم)	سبيكة من البلاتين والروديوم (30% روديوم)		B
1600	1400	بلاتين	سبيكة من البلاتين والروديوم (13% روديوم)	—	R
		بلاتين	سبيكة من البلاتين والروديوم (10% روديوم)		S
850 ~ 1200	650 ~ 1000	سبيكة من النيكل	سبيكة من النيكل والكروم	CA	K
500 ~ 800	450 ~ 700	سبيكة من النحاس والنيكل	سبيكة من النيكل والكروم	CRC	E
500 ~ 750	400 ~ 600	سبيكة من النحاس والنيكل	حديد	IC	J
250 ~ 350	200 ~ 300	سبيكة من النحاس والنيكل	نحاس	CC	T

(الرجع إلى JIS C 1602-1981)

المجلد ٦-٣ أنواع المزوجة الحرارية (حسب مواصفات JIS)

(أ) الترمومتر ذو المقاومة البلاتينية

Platinum Resistance Thermometer Bulb

تتغير قيم المقاومة الكهربائية لأسلاك البلاتين تغيراً خطياً مع تغيرات درجة الحرارة، وهي ذات حساسية عالية . ولذلك، تكون أسلاك البلاتين مناسبة للقياسات الدقيقة لدرجة الحرارة. وقطر السلك يساوي 0.05 مم تقريباً . وتوضع الترمومترات ذات المقاومة داخل حاوية معزولة أو أنبوية حماية ، لوقايتها من التآكل والانفعالات الحرارية الخارجية مثل المزوجات الحرارية .

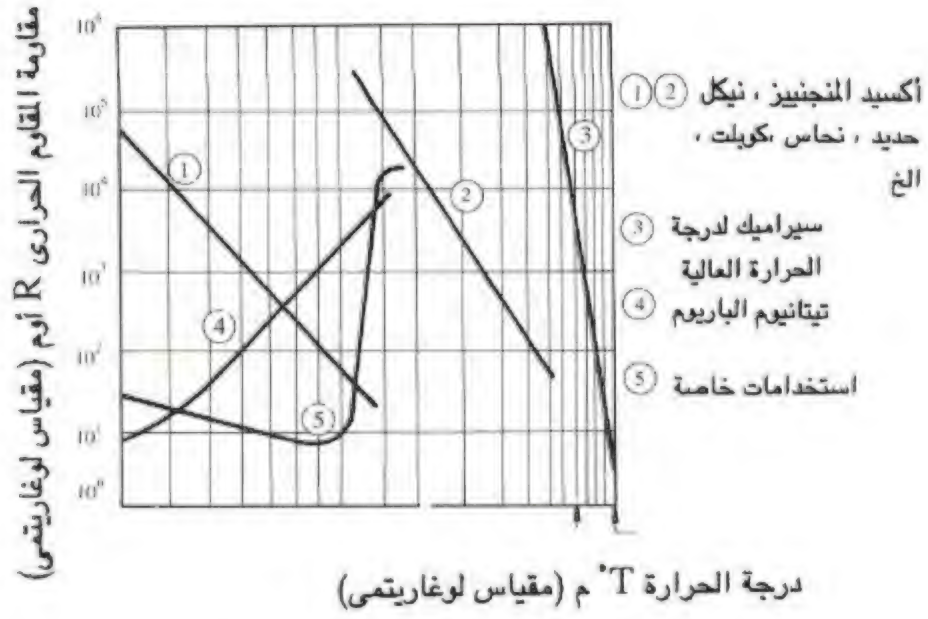
(ب) المقاوم الحراري (مقاومة حساسة للحرارة)

Thermistor (Thermal Sensitive Resistor)

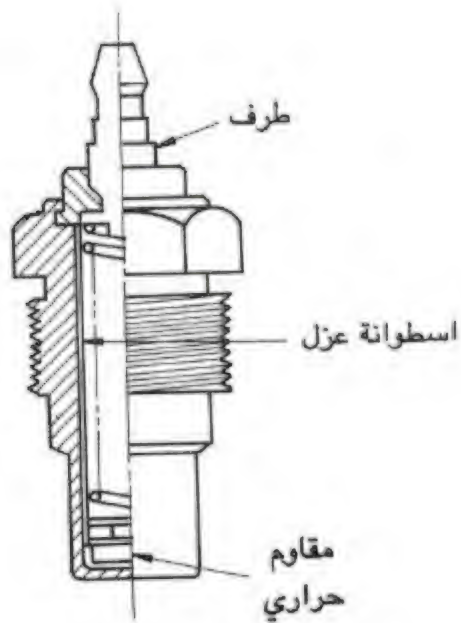
عبارة عن بصيلة ترمومتر ذي مقاومة شبه موصلة، وهو عبارة عن أكسيد معدني متلبد مثبت عليه قطب . ويبين الشكل ٦-٣، الخصائص النموذجية للمقاوم الحراري .

والمقاوم الحراري حساسية عالية ويمكن أن يُنتج بكميات كبيرة بعمليات التلبيد . وهي منخفضة التكاليف . ويمكن أن ينتج بأي شكل، ويمكن أن يوضع بعضها في أنبوية ذات قطر 1 مم . وبالمقارنة مع الترمومترات ذات المقاومة البلاتينية ، فإن السعة الحرارية لها صغيرة واستجابتها جيدة. ويبين الشكل ٦-٤، ترمومتر مائي للآلات الحرارية .

ويستخدم العنصر المبين في البند (٥) من الخصائص المعروضة في الشكل ٦-٣، في مكيفات الهواء كمفتاح تشغيل (قدرة) دون الحاجة إلى مفتاح تحكم خاص. بالإضافة إلى ذلك ، فقد تم تطوير مقاومات حرارية مختلفة لاستخدامها في الأجهزة الكهربائية المنزلية ، وتستخدم بكثرة كعناصر لقياس درجة الحرارة تبعاً لنوع التطبيق .



الشكل ٦ - ٣ الخصائص النموذجية للمقاومات الحرارية



الشكل ٦ - ٤ الترمومتر المائى للآلات الحرارية

٦ - ١ - ٥ ترمومتر الإشعاع الحرارى

Thermal Radiation Thermometer

تنبث الأجسام طاقة إشعاعية ذات أطوال موجية مختلفة، وتسمى هذه الظاهرة ، الإشعاع الحرارى . ويقيس ترمومتر الإشعاع الحرارى درجة حرارة الجسم باستخدام العلاقة الثابتة بين شدة الإشعاع الحرارى ودرجة حرارة الأجسام (قانون بلانك Planck's Law) .

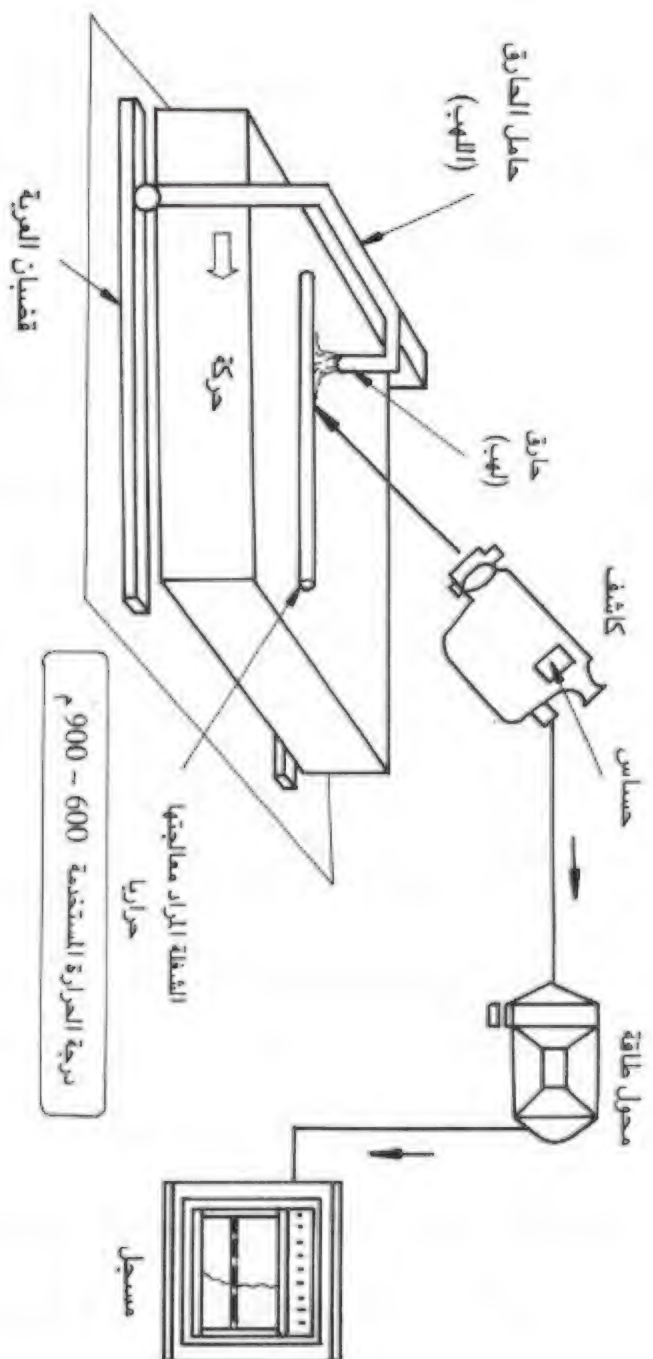
[١] البيرومتر الضوئى The Optical Pyrometer

يقيس البيرومتر الضوئى درجة الحرارة من التيار الذي يمر في المصباح الكهربائى للبيرومتر الضوئى عندما يتساوى نصوص الجسم المطلوب قياس درجة حرارته مع فتيلة مصباح البيرومتر . والبيرومتر الضوئى جهاز سهل في الحمل والقياس . ولهذه الأسباب تستخدم البيرومترات الضوئية بكثرة في الأغراض الصناعية. غير أن المهارة مطلوبة لتشغيلها، كما أنه لا يمكن قياس درجات حرارة أقل من 700°C .

[٢] ترمومتر الأشعة تحت الحمراء Infrared Thermometer

للأشعة تحت الحمراء أطوال موجية أطول من الأشعة المرئية . وهذه الأشعة ليست مرئية للعين البشرية ، ولكن جزءاً منها نشعر به كحرارة. وجميع الأجسام التي لها درجة حرارة تنبث أشعة تحت الحمراء ذات أطوال موجية مختلفة تبعاً لدرجة الحرارة.

ويقوم ترمومتر الأشعة تحت الحمراء بتجميع طاقة الانبعاث التي تنبعث من الأجسام باستخدام عدسة أو مرآة كروية، وتحويلها إلى كميات كهربائية عن طريق مزدوجة حرارية أو مقاوم حرارى أو خلية كهروضوئية أو أي جهاز آخر من أشباه الموصلات لقياس درجات الحرارة . وتتم القياسات دون تلامس. ويمكن قياس درجات حرارة الأجسام المتحركة أو ذات درجة الحرارة العالية عن بعد. ويبين الشكل ٦-٥، قياس درجة إخماد لهب .



الشكل ٦ - ٥ قياس درجة حرارة اخضاد لهب

٦-١-٦ استخدام أجهزة قياس درجات الحرارة لعمل مخطط حراري

Pattern Instrumentation of Temperature

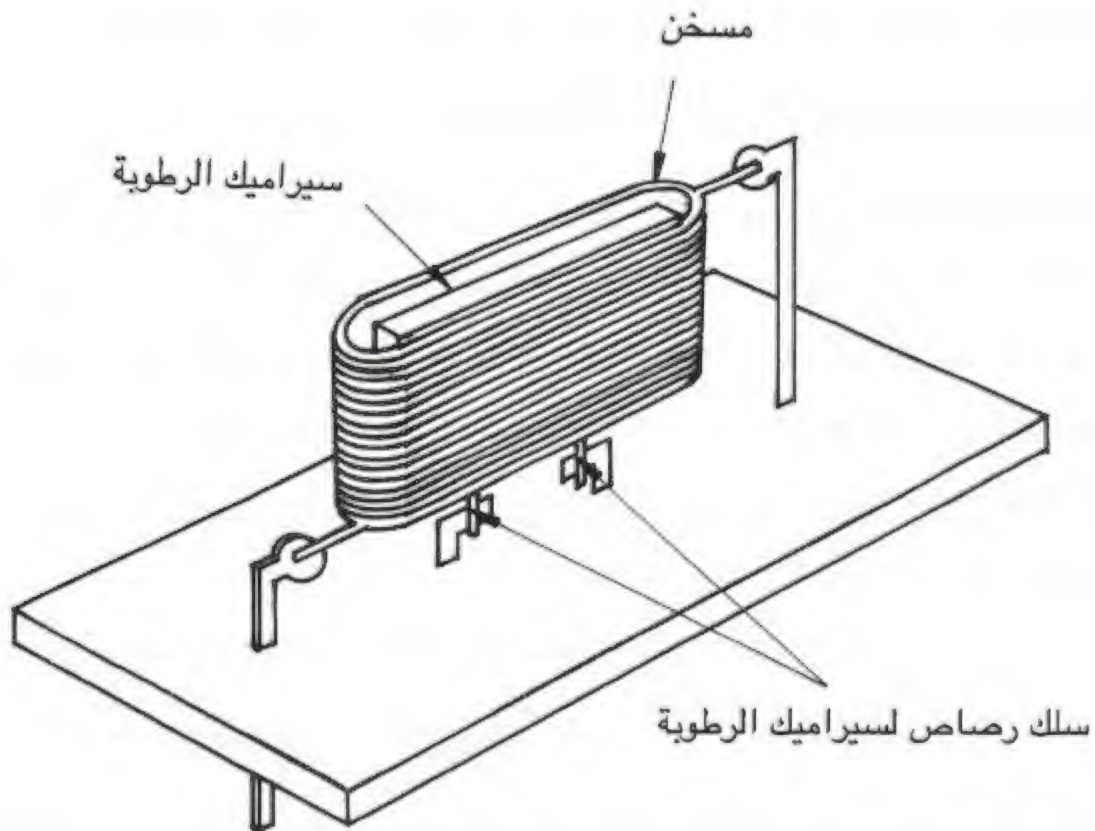
كان قياس درجة الحرارة في الماضي يتم بقياس درجات الحرارة عند النقطة المطلوبة . غير أنه في عديد من الحالات ، يكون من المفيد أن نعبر عن درجة الحرارة بالتعبير عن الامتداد لبيان درجة الحرارة ، إذا كانت الأجسام المراد قياسها ذات امتداد فراغي ، مثل حالة قياس درجة حرارة جدار الفرن العالي . واستخدام أجهزة القياس في قياس كميات فراغية مختلفة ، مع التأكيد على شكل التوزيع يسمى استخدام آلات القياس لعمل مخطط حراري . أما الكميات النظامية التي يتم التعامل معها فهي الإشعاع الحراري ، والضغط ، والانسياب ، والإجهاد ، والانفعال ، والمظهر الجانبي للسطح وبنود أخرى .

٦-٢ استخدام أجهزة قياس الرطوبة

الرطوبة هي معيار لبيان كمية بخار الماء التي يحتويها غاز ، ويعبر عنها بالرطوبة المطلقة (الوحدة : جم/م^٣) والرطوبة النسبية (الوحدة : %) .

وتشمل طرق قياس الرطوبة ، استخدام الهيجرومتر (جهاز قياس الرطوبة النسبية في الجو) ، والترمومتر ذا البصيلة المبللة والجافة ، وجهاز قياس نقطة الندى ، وعنصر المقاومة الكهربائية . وحديثاً ، زادت الطلبات على استخدام أجهزة القياس والتحكم بالنسبة للرطوبة مع درجات الحرارة في المصانع ، والتكييف داخل المنازل ، وصناعة الأغذية والتخزين ومجالات أخرى .

ويبين الشكل ٦-٦ ، جهاز حساس للرطوبة ، يستخدم مادة شبه موصلة تتغير قيمة مقاومتها الكهربائية وفقاً للرطوبة . فيتم طحن أكسيد معدني سيراميكي وأكسيد التيتانيوم إلى مسحوق ، وتلبد عند درجات حرارة عالية . ويتم عمل عدد كبير من الثقوب الصغيرة بقطر 1 ميكرومتر تقريباً . وبهذا يتم تكبير مساحة السطح لتحسين الحساسية للرطوبة .



الشكل ٦-٦ جهاز حساس للرطوبة Moisture Sensitive Device

وتقسم الهيجرومترات إلى نوعين : النوع الأول يستطيع قياس تغيرات الرطوبة النسبية في مدى واسع نسبياً. والثاني ، يستطيع القياس في مدى ضيق، حسب الاختلاف في مكونات الجهاز الحساس بالرطوبة. وعادة ، تستجيب المقاييس في حوالى 20 ثانية إذا تغيرت الرطوبة النسبية من 0% إلى 50% أو من 100% إلى 50% . ويتم تسخين المسخن الذي يحيط بالجهاز الحساس بالرطوبة أوتوماتيكياً إلى 400°C ، عند انخفاض الحساسية ، وذلك للتخلص من البقع المتعلقة بسطح الجهاز. وبذلك يتم استعادة قدرة الإحساس بالرطوبة للجهاز إلى حالتها الأولى .

٣-٦ استخدام أجهزة قياس الغازات Instrumentation of Gases

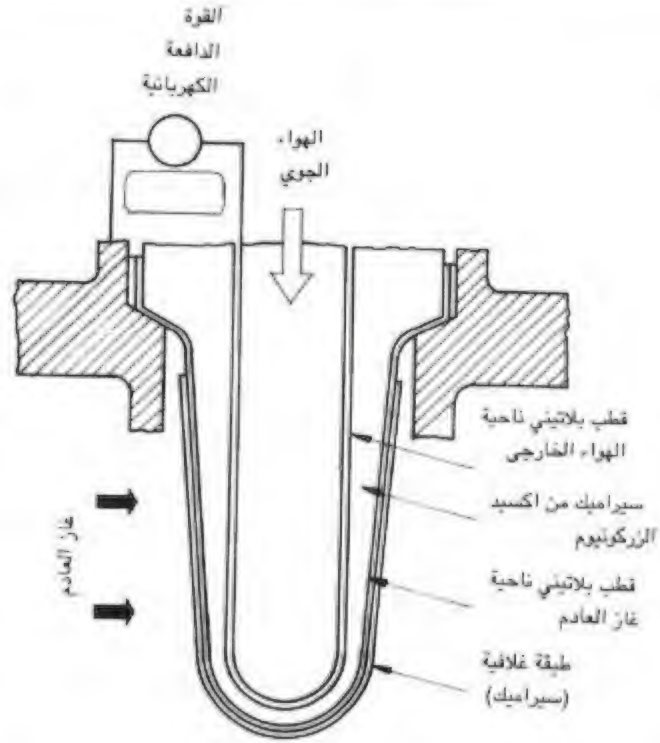
[١] استخدام أجهزة قياس كثافة الأكسجين

Instrumentation of Oxygen Density

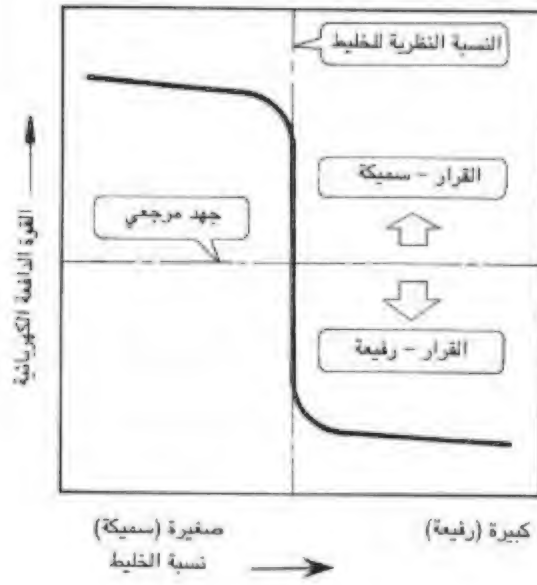
كما يبدو في الشكل ٦-٧ ، يحتوي حساس الأكسجين O_2 على شبه موصل سيراميكي من أكسيد الزركونيوم ZrO_2 ، مغطى بالبلاتين على جانبيه ويولد عنصر أكسيد الزركونيوم قوة دافعة كهربائية عند وجود اختلاف في كثافة الأكسجين على جانبيه . وأحد خصائصه أن القوة الدافعة الكهربائية تتغير بسرعة ، فتتعدى نسبة الخلط النظرية (٢) للهواء والوقود عن طريق التأثير المحفز للبلاتين عندما تكون درجة الحرارة عالية . ويوضع حساس الأكسجين في أنابيب العادم للسيارات للكشف عن كثافة الأكسجين في غازات العادم ، وتعاد إشارات كثافة الأكسجين إلى نظام حقن الوقود لتجعل مقدار الهواء الذي يسحب إلى المحرك مثالياً . وبالتحكم المناسب في نسبة خلط الهواء والوقود ، يمكن تقليل كل من الهيدروكربون ، وأول أكسيد الكربون ، وأكاسيد النتروجين التي تحتويها العوادم

[٢] استخدام أجهزة لقياس الغازات الأخرى

تعتبر عملية الكشف عن غاز البروبين والغازات الأخرى في المدن من العمليات الهامة من ناحية السلامة . وقد تم تطوير واستخدام الأجهزة المختلفة ذات المقاومة الكهربائية ، التي تتأثر بهذه الغازات .



(ا) الشكل



(ب) العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية ونسبة الخليط

الشكل ٦-٧ حساس الأكسجين O_2

تمريعات

١- اكتب قيمة 18.00° م بالكفن .

(الإجابة : 291.15 كفن)

٢- اشرح النقطة الثالثة للماء واكتبها بالتقدير المتوى .

(الإجابة : 0.01° م)

٣- اذكر كيفية قياس درجة الحرارة أو الرطوبة في الأجهزة الكهربائية المنزلية حولك .

جدول تحويل الوحدة الرئيسية لوحدات SI

المراجع		
القوة		
نيوتن (N)	كجم قوة (kgf)	
9.806 65	1	
1	1.01972×10^{-1}	
الإجهاد		
باسكال (Pa)	ميجا باسكال أو نيوتن/مم ² كجم قوة / مم ² (kgf/mm ²)	(MPa or N/mm ²)
9.80665×10^6	1	1
1×10^6	1.01972×10^{-1}	
1	1.01972×10^{-7}	1×10^{-6}
الضغط		
باسكال (Pa)	مم زئبق (mmHg)	ضغط جوي (atm) كجم قوة / مم ² (kgf/cm ²)
9.80665×10^4	7.35559×10^2	1
1.01325×10^5	7.60000×10^2	1.033 23
1.33322×10^2	1	1.035951×10^{-3}
1	7.50062×10^{-3}	9.86923×10^{-6}
الشغل		
الشغل	الطاقة	القيمة الحرارية
جول (J)	كيلو سعر (kcal)	كجم قوة.م (kgf.m)
9.806 65	2.34270×10^{-3}	1
4.18605×10^3	1	4.26858×10^2
1	2.38889×10^{-4}	1.01972×10^{-1}
القدرة		
كيلو وات (KW)	قدرة حصانية (متري) (PS)	كجم قوة.م / ث (kgf.m / s)
9.80665×10^{-3}	1.33333×10^{-2}	1
7.355×10^{-1}	1	7.5×10
1	1.359 62	1.01972×10^2

هوامش

(١) توجد درجة حرارة متزنة للثلج ، والماء ، وبخار الماء في وقت واحد ، وهي أعلى من نقطة التجمد بـ 0.01° م .

(٢) تتحدد نسبة كتلة الهواء والوقود عند الإمداد بالوقود والهواء بحيث يتم تركيبهما بدرجة مناسبة نظرياً ..

الفصل السابع

التحكم الأوتوماتيكي AUTOMATIC CONTROL

٧-١ الأتمتة والتحكم الأوتوماتيكي

بدأت الجهود لتشغيل الآلات والمعدات بدون أيدي الإنسان ، ثم تقدمت هذه الجهود إلى الأوتوماتيكية الكاملة ، باستخدام أجهزة القياس وتقنية التحكم . ويمكن أن ينقسم التحكم الأوتوماتيكي، بشكل تقريبي إلى «التحكم المتتابع» (١) ، «التحكم بالتغذية المرتدة» (٢) ، وعند تصنيف تقنية التحكم على أساس معلومات الدخل / الخرج أو عن طريق أية وسائل أخرى، نجد أن التحكم بالإشارات الرقمية (٣) قد انتشر استخدامه ، وكذلك تم استعمال الحاسبات .

٧-١-١ تاريخ الأتمتة History of Automation

منذ حوالي قرن أو قرنين قبل الميلاد ، تمت التوصية باعتبار أبواب الأماكن المقدسة أجهزة يجب أن تتحرك أوتوماتيكياً . وقد تم تطوير أجهزة أوتوماتيكية مختلفة أثناء فترة النهضة في القرنين الخامس عشر والسادس عشر . ولم تحدث هذه الأجهزة ثورة في طريقة الإنتاج .

وقد بدأت الثورة الصناعية - وكانت الثورة الرئيسية لنظام الإنتاج - بصناعة القطن في بريطانيا في منتصف القرن الثامن عشر ، وعجلت بالتطور في الصناعات الثقيلة لإنتاج الآلات عن طريق استخدام الآلات ، وانتشار الآلات البخارية ، ودفعتم عملية التحول إلى الأوتوماتيكية في جميع وسائل الإنتاج . وفي سنة ١٧٨٤ ، اخترع جيمس وات منظم السرعة

للآلات البخارية . وفي سنة ١٧٩٠ ، تم بناء مشروع أوتوماتيكي يطحن الدقيق باستخدام ناقل ، بالرغم من أنه كان يدار بواسطة ساقية . وخلال هذا الوقت تقريباً ، تم في فرنسا إنتاج آلة النسيج الجاكار - وكانت الكروت المثقبة تستخدم للتحكم في أنماط النسيج المعقدة .

وأصبحت فكرة الكروت المثقبة مصدراً للكروت المثقبة في الجيل الأول للحاسبات الالكترونية .

وفي القرن التاسع عشر ، تم التوصية باستخدام نظام الإنتاج الكمي لتعويض النقص في الفنيين المهرة في تصنيع المدافع في الولايات المتحدة ، بسبب تحولهم تصنيع ماكينات الخياطة ، وأدوات الفلاحة والسيارات والمعدات الأخرى .

ومن تقنيات الإنتاج الكمي التي أظهرتها الحرب العالمية الثانية ، وتقنية الأوتوماتيكية التي تلتها ، أنتجت مصانع فورد سنة ١٩٤٧ آلة نقل ، فأحدثت تأثيرات كبيرة على الصناعات المختلفة بعد الحرب .

ثم بدأت تسمية أنظمة الإنتاج الأوتوماتيكي المستمر ، بواسطة آلات التشغيل التي تربط فيما بينها سيور ناقلة ، كما في آلة النقل في مصانع فورد ، بالأنظمة الأوتوماتيكية .

وفي اليابان ، بدأ تركيب أنظمة إنتاج جديدة ، واحداً وراء الآخر ، بدءاً من منتصف الخمسينات والستينات وذلك للإسراع في عملية التحول إلى الأوتوماتيكية واستمرارها .

وقد عجل ، حديثاً ، التقدم في المعدات الالكترونية من تطور التحكم العددي لآلات التشغيل (ارجع إلى الجزء ٧ - الفصل العاشر) .

وبضم معدات النقل الأوتوماتيكي ، وآلات التجميع الأوتوماتيكي ، ومستودعات المصانع التي تدار أوتوماتيكياً معها ، تم بناء مصانع تدار أوتوماتيكياً بالكامل ، ويتم التحكم فيها بالحاسب ، (انظر الشكل ٧-٢) .



الشكل ٧-١ مثال لآلة نقل



الشكل ٧-٢ مثال لمصنع يدار أوتوماتيكياً بالكامل

٧-١-٢ الأوتوماتيكية (الأتمته)

وتعني التشغيل الأوتوماتيكي ، وتعرف على أنها تجعل العمليات في الإنتاج والمكاتب أوتوماتيكية ومستمرة لتحقيق التزاوج الفعال بين الآلات، والمواد والمعلومات والأفراد للحصول على إنتاجية عالية وفوائد اقتصادية. والهدف الكبير للأوتوماتيكية هو تنظيم وإدارة النظام بالكامل بكفاءة، بما في ذلك تحويل الآلات الفردية والأجهزة في المصانع والمكاتب والمنازل إلى الأوتوماتيكية .

تحويل المصنع إلى الأوتوماتيكية (FA) : هو الإدارة والتحكم بكفاءة في كل أنظمة الإنتاج في المصانع، وذلك بالفهم الدقيق للمعلومات المختلفة عن العمليات المختلفة بدءاً من تخطيط المنتجات التي يوجد عليها طلبات ، إلى تشغيل وتجميع الأجزاء وشحن المنتجات. والتحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) يمكن أن ينقسم كما يلي :

(١) التحول الأوتوماتيكي الميكانيكي

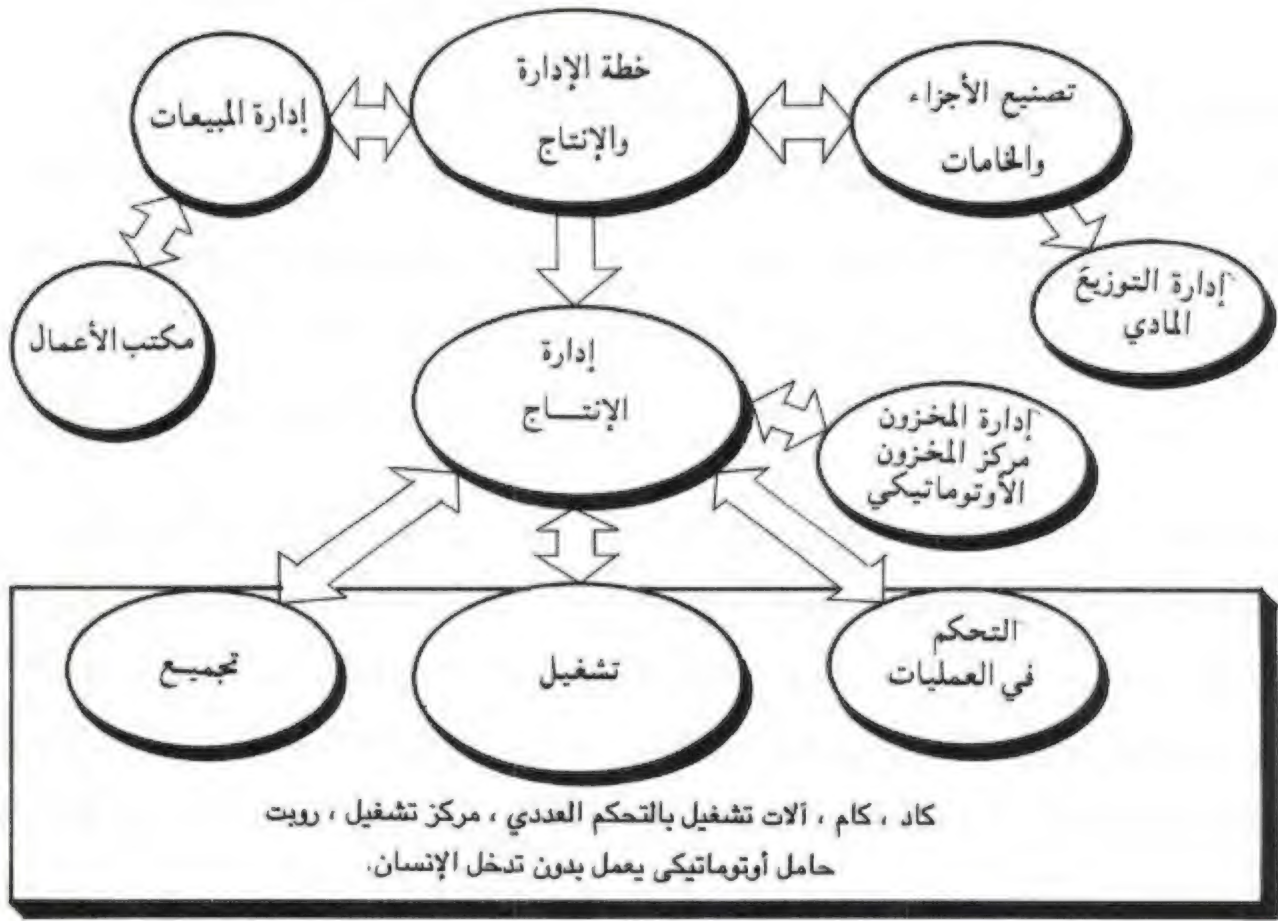
ويكون أساساً في صناعة الآلات مثل مصانع السيارات .

(٢) التحول الأوتوماتيكي للعمليات

صناعة المعدات ، مثل مصانع الصلب ، والكيماويات وتكرير البترول .

ويبين الشكل ٧-٣، مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع (FA) ، ولقد أسهمت الحاسبات كثيراً في تشغيل الآلات الفردية والمعدات وأنظمة الإنتاج.

والتحول الأوتوماتيكي في المكاتب (OA) : يعنى نظم المعلومات لتبادل المعلومات المختلفة بسهولة مثل الأصوات ، والبيانات والوثائق ، والرسومات والصور ، وذلك بتوصيل المكاتب الرئيسية والأفرع والأماكن الأخرى بواسطة خطوط اتصالات متقدمة ، وذلك لإدارة الشركات بدقة، ورفع كفاءة المكاتب ، وتوفير العمالة . وهذه الأنظمة تسمى تحول المكاتب إلى الأتمته (OA).



CAD - (كاد) : إختصار للتصميم باستخدام الحاسب
CAM - (كام) : إختصار للتصنيع باستخدام الحاسب
مركز تشغيل : إرجع الى ص

الشكل ٧-٣ مفهوم التحول الأوتوماتيكي للمصانع

والتحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA) : عبارة عن أنظمة إدارة المنزل بكفاءة ، وتوفير العمالة ، والمحافظة على بيئة المعيشة ، وتأمين ومنع الحوادث، وتبادل المعلومات مع المناطق الأخرى، وكل هذا يسمى التحول الأوتوماتيكي في المنزل (HA).

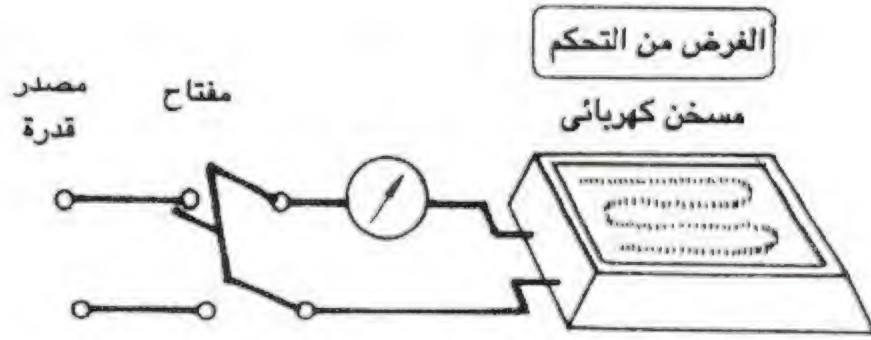
٧ - ٢ التحكم الأتوماتيكي

يعرف " التحكم " بأنه تطبيق العملية المطلوبة لضبط الجهاز (النظام) على الحالة التي تناسب الهدف المطلوب منه . وكمثال : عملية وصل / فصل المسخن الكهربائي بوضع مفتاح التوصيل علي وضع وصل/فصل . وتحريك جهاز الإنزلاق للمحول الكهربائي لضبط الجهد على سلك المسخن، وذلك للحصول على درجة حرارة محددة مسبقاً للفرن الكهربائي .

٧-٢-١ التحكم

في الشكل ٧-٤ (أ) ، يجب وضع المفتاح في وضع وصل on وقطع off لتشغيل المسخن الكهربائي . وفي هذه الحالة ، لا يؤخذ في الاعتبار مستوى درجة الحرارة للمسخن الكهربائي أو مستوى القيمة السعريّة . وهنا، تقوم عمليتان بالتحكم ، وهما إمرار أو عدم إمرار تيار إلى المسخن الكهربائي عن طريق المفتاح . ويسمى هذا التحكم بالتحكم النوعي . وفي الشكل (ب)، يقارن رجل درجة الحرارة التي يقرأها الترمومتر على فرن الزيت الثقيل مع درجة الحرارة المطلوبة والمعروفة مسبقاً ، ويقوم بضبط فتحة الصمام تبعاً للفرق بينهما ، وذلك ليزيد أو يقلل من كمية الزيت الثقيل التي تدخل الفرن، حتى يتحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل . يسمى هذا التحكم بالتحكم الكمي .

والمعدة (الجهاز) التي يتم التحكم فيها هي الفرن الكهربائي وفرن الزيت الثقيل في الأشكال (أ) ، (ب) ، وتسمى ، بشكل عام، بالأنظمة التي يتم التحكم فيها أو الأنظمة المحكومة . وتسمى الكميات المادية للتحكم في الأغراض مثل التيار في المسخن الكهربائي في الشكل (أ) بدرجة حرارة فرن الزيت الثقيل في الشكل (ب)، متغيرات يتم التحكم فيها ، وتسمى الأوامر التي تصدر لضبط المتغيرات التي يتم التحكم فيها، لتكون مساوية للحالات المطلوبة ، أوامر التحكم .



(أ) التحكم النوعي



(ب) التحكم الكمي

الشكل ٤-٧ التحكم

والتغيرات التي يتم التحكم فيها وأوامر التحكم هي كميات حقيقية مثل درجة الحرارة ، والتيار ، والجهد ، والإزاحة . ومن وجهة نظر التحكم ، يجب الانتباه إلى حجم الكميات ، وإلى كيفية تغييرها ، وليس إلى أنواع الكميات ، ويسمى الاهتمام بحجم الكمية المادية وكيفية حدوث التغيرات «الإشارة» .

٢-٢-٧ التحكم الأوتوماتيكي

التحكم في توصيل المفتاح أو فصله للمسخن الكهربائي في الشكل ٧-٤ (أ) ، والتحكم في درجة حرارة فرن الزيت الثقيل في الشكل (ب) ، يرتبط مباشرة بقرار وتشغيل الإنسان . ويسمى هذا بالتحكم اليدوي . وبالمقارنة مع هذا ، فإن التحكم الذي يتم أوتوماتيكيا عن طريق أجهزة التحكم دون الاعتماد على القرار والتشغيل بواسطة الإنسان ، يسمى بوجه عام التحكم الأوتوماتيكي . وتسمى الأنظمة التي تشمل المعدات والآلات ، وعناصر أخرى لتقوم بالتحكم الأوتوماتيكي ، أنظمة التحكم الأوتوماتيكي . أما أنظمة التحكم الأتوماتيكي الفردية فتتكون من أجهزة قياس مختلفة ومعدات أخرى تبعاً للأنظمة والتغيرات التي يتم التحكم فيها . وهذه المعدات تسمى عناصر . وكما في الشكل ٧-٥ ، يقوم كل عنصر باستقبال وإرسال إشارات . والإشارات الواردة تسمى إشارات داخلية (Input) ، والإشارات الصادرة تسمى إشارات خارجة (Output) .



(أ) مخطط عام

(ب) المخطط للمسخن الكهربائي
وفرن الزيت

الشكل ٧-٥ المخطط الصندوقي Block Diagram

وتحاط العناصر الفردية في نظام التحكم الأتوماتيكي بواسطة صناديق (هياكل مربعة)، وتبين الإشارات التي تمر بينها بأسمهم . يسمى هذا الرسم التخطيطي بالرسم « المخطط الصندوقي » ، وتستخدم الرسومات التخطيطية الوظيفية لتبين مكونات أنظمة التحكم الأتوماتيكية .

وينقسم التحكم الأتوماتيكي إلى أسلوبين . أحدهما هو «التحكم المتتابع» ، وهو يقوم بالتحكم تبعاً لتتابع تم ضبطه مسبقاً مثل التحكم في الغسالات الأتوماتيكية والمصاعد . والآخر يسمى «التحكم ذو التغذية المرتدة» ، وهو يقوم بالتحكم لتقليل الفرق ، وذلك بمقارنة المتغيرات التي يتم التحكم فيها (درجة الحرارة)، نتيجة التشغيل والقيم المطلوبة ، كما في حالة التحكم في درجة حرارة، فرن الزيت الثقيل .

(١) التحكم المتتابع Sequential Control

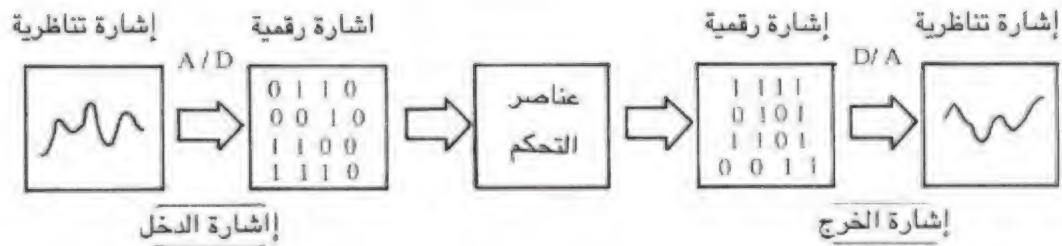
مثل آلات البيع الأتوماتيكية ، والمصاعد الأتوماتيكية والغسالات الأتوماتيكية وآلات النقل ، وأنظمة التحكم في إشارات المرور - وغيرها .

(٢) التحكم ذو التغذية المرتدة Feedback Control

مثل التحكم في المظهر الجانبي لآلات التشغيل، والتحكم في درجة الحرارة ، والضغط، والانسحاب، ومستوى السائل ، والبند الأخرى في الغلايات والأفران ... الخ.

وتسمى أنظمة التحكم التي تتعامل مع متغيرات يتم التحكم فيها وأوامر تحكم بإشارات تناظرية تحكم تناظري . وأنظمة التحكم التي تُدخل وتُخرج جميع المعلومات في صورة قيم عددية بعد تحويل الإشارات التناظرية إلى إشارات رقمية، تُسمى تحكم رقمي، (انظر الشكل ٦-٧) .

وقد بدأ حديثاً ، استخدام التحكم الرقمي بكثرة في التحكم المتتابع والتحكم ذو التغذية المرتدة أيضاً .



الشكل ٦-٧ التحكم الرقمي Digital Control

تمريـنات

١- اذكر أمثلة محددة للتحكم الأوتوماتيكي، التي يمكن أن تراها في المدارس والأماكن الأخرى .

٢- اذكر أمثلة للحاسبات المستخدمة في التحكم الأوتوماتيكي .

هوامش

(١) ، (٢) ، (٣) ، ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ٢ - الفصل السابع .

الفصل الثامن

التحكم المتتابع

SEQUENTIAL CONTROL

٨-١ نظام التحكم المتتابع ودائرة المرحل (Relay)

التحكم المتتابع هو الطريقة التي تدمج العناصر التي تشمل حالتين بالمتتابع للاستمرار في العمل، مثل وصل / فصل مفتاح تشغيل، وتشغيل / إيقاف ساعة توقيت ،

ويمكن أن تنقسم طرق العمل للانتقال إلى المرحلة التالية من مراحل التشغيل إلى ثلاثة أنواع، كما يلي :

(١) الانتقال إلى العملية التالية بعد مرور زمن معين - كما في الغسالات الأوتوماتيكية ، وإشارات المرور ، إلخ....(أنواع بسيطة نسبياً) .

(٢) الانتقال إلى العملية التالية، عندما تحقق العملية السابقة شروط معينة - كما في آلات النقل ، والتشغيل الأوتوماتيكي لآلات التشغيل الميكانيكية ، إلخ.... (أنواع عامة) .

(٣) انتقاء العملية التالية تبعاً لنتائج العملية السابقة - كما في التحكم في صعود المصعد ، إلخ....(أنواع مركبة) .



الشكل ٨-١ مثال التحكم المتتابع (تتليبي)

يبين الشكل ٨-١ ، مثالا للتحكم المتتابع لإدارة وحدة تثقيب ضخمة عن طريق اسطوانة هيدروليكية، والتحرك للأمام والخلف بواسطة إشارات من مفتاحين حديين (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل الثامن) .

٨-١-١ شكل نظام التحكم المتتابع

يبين الشكل ٨-٢ ، الشكل العام لنظام تحكم متتابع .

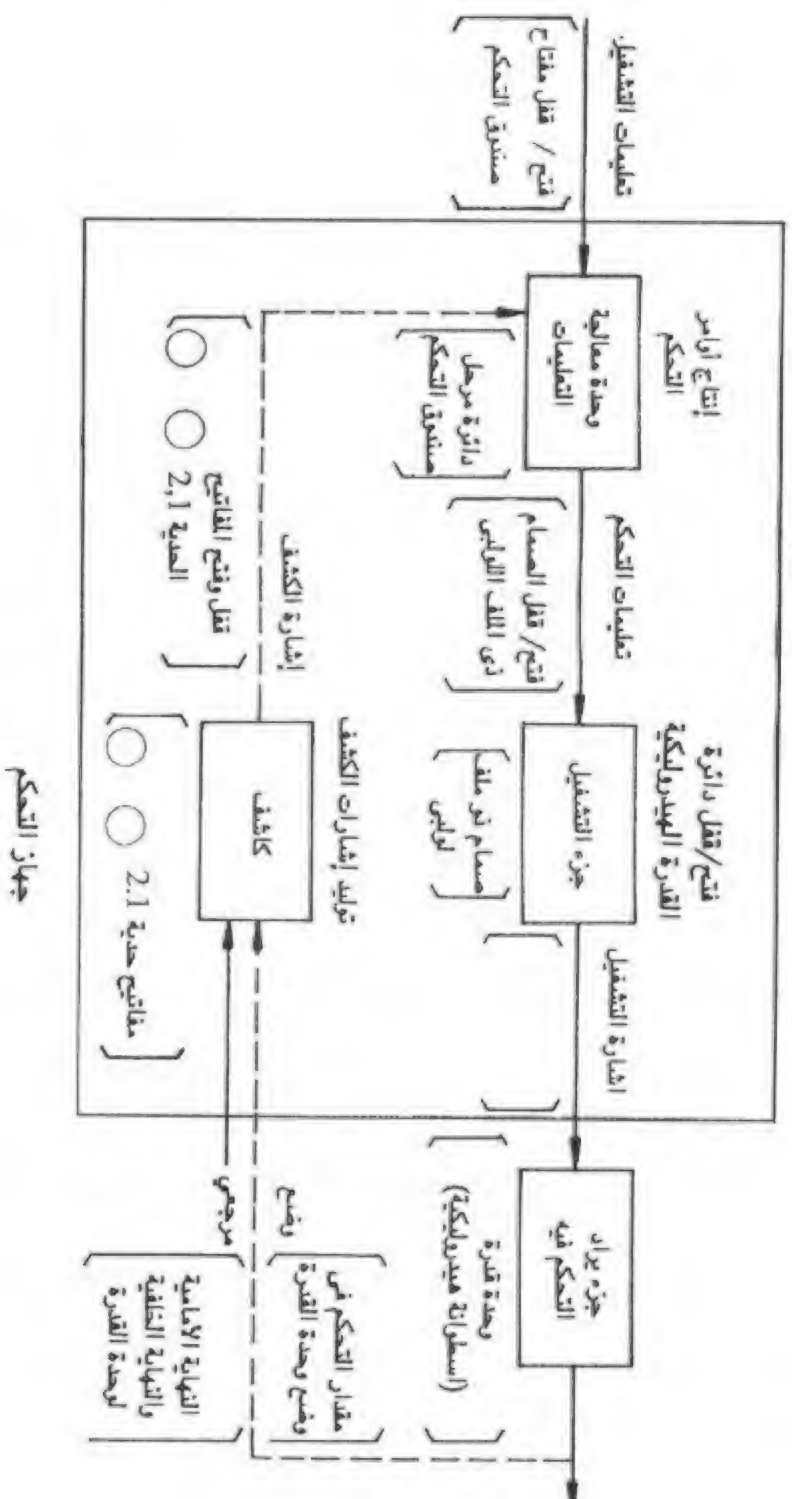
في التحكم المتتابع ، يتم استقبال إشارات الكشف ، كشرط للانتقال من العملية السابقة إلى التالية ، من النظام الذي يتم التحكم فيه ، وتعاد مرة أخرى إلى المرسل للتحكم . بينما في التحكم بالتغذية المرتدة ، يتم انتقال الإشارات ، بشكل عام ، في دوائر مغلقة . ولا تكون محتويات إشارة الكشف مستمرة كما في إشارات التحكم بالتغذية المرتدة . وعلى سبيل المثال ، ترسل الإشارات فقط عندما يصل ذراع مكبس الاسطوانة الهيدروليكية إلى وضع سبق تحديده ، أو عندما تصل درجة الحرارة إلى قيمة محددة مسبقا .

ولا تكون هناك حاجة إلى إشارات الكشف من النظام الذي يتم التحكم فيه في حالة استخدام ساعة توقيت أو وسيلة أخرى ، كما أن الأنظمة البسيطة ليس بها كاشف .

٨-١-٢ دائرة المرحل Relay Circuit

[١] العناصر المختلفة في دائرة التحكم الكهربائية

يسمى التحكم المتتابع أيضا بالتحكم عن طريق مفاتيح . وعلى سبيل المثال ، في عديد من الحالات ، تتم المهام الخاصة للتأكد من نهاية إحدى العمليات عند إنتهائها ، وبدء العملية التالية عن طريق مفاتيح . وبالإضافة إلى المفاتيح من نوع الأزرار الانضغاطية ، تشمل المفاتيح التي تستخدم لهذه الأغراض ، المفاتيح الحدية والمرحلات . ويقوم التحكم المتتابع بضم هذه العناصر للتعامل مع أوامر التشغيل المركبة .



الشكل ٨-٢ نظام التحكم المتتابع

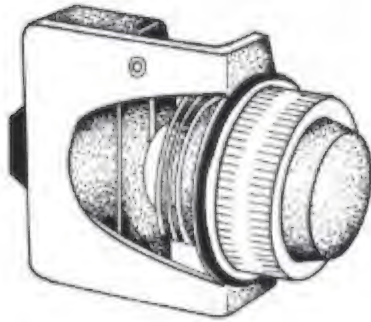
(أ) المفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية

Push Button Switch

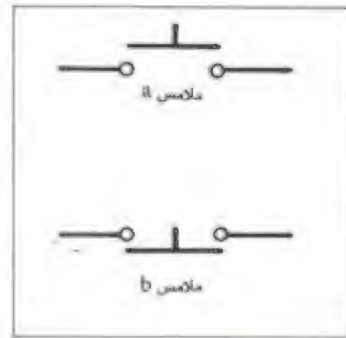
بشكل عام ، تستخدم المفاتيح من نوع الاستعادة الأوتوماتيكية^(١) ، والتي تعود إلى الحالة الأصلية عن طريق ياي ، عندما ترفع اليد عنها . وهذه العملية تتشابه تماما مع الأزرار الانضغاطية للأجراس الكهربائية في المنزل . ولأغراض التحكم ، تتوفر النهايات الطرفية : (COM) "عام" ، (NO) «مفتوح عادة» ، (NC) «مقفول عادة» . ويقوم أحد الأزرار الانضغاطية بأداء مهمتين تشغيليتين ، هما ، قفل الدائرة فقط عندما يتم ضغطه أو فتح الدائرة فقط عندما يتم ضغطه . وتستخدم الأطراف (COM) ، (NO) عند التغذية بتيار ، بينما تستخدم الأطراف (COM) ، (NC) عند قطع التيار . وتسمى الأطراف (NO) ، (NC) الملامسات "a" ، "b" على الترتيب . ويبين الشكل ٨-٣ ، المنظر الخارجي للمفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية ورموز الرسم التخطيطي للدوائر الكهربائية.

(ب) مفتاح حديّ (طرفي) Limit Switch

هو مفتاح صغير ، يقوم بالتوصيل والقطع للملامس عن طريق تلامس ميكانيكي . ويبين الشكل ٨-٤ ، المنظر الخارجي للمفتاح الحديّ .



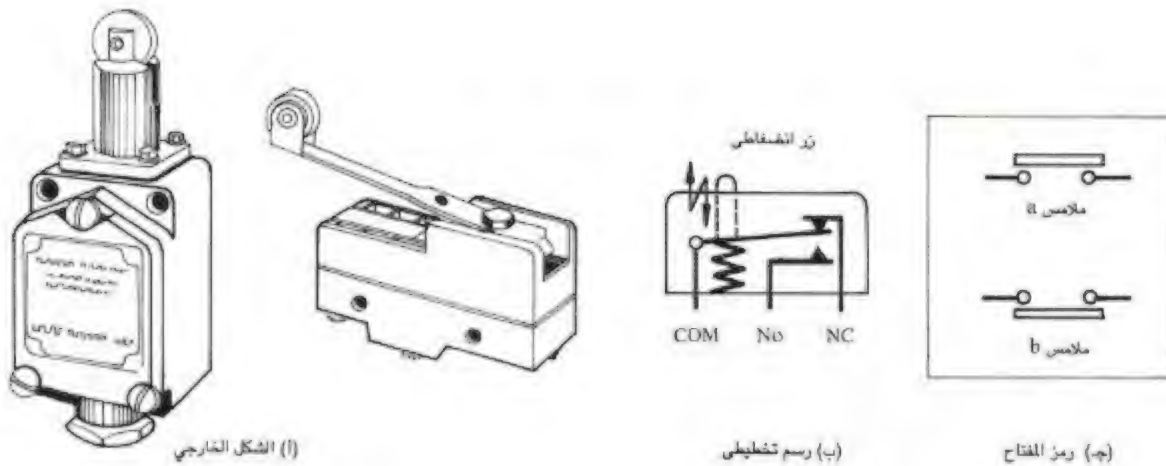
(أ) الشكل الخارجي



(ب) رمز المفتاح

الشكل ٨-٣ مفتاح من نوع الأزرار الانضغاطية

وكما في المفاتيح من نوع الأزرار الانضغاطية ، فإن للمفتاح الحدي نهايات طرفية (NO),(NC),(COM) كما في الشكل (ب) . وتستخدم النهايات الطرفية (NO) (COM) لإدخال تيار . وتستخدم النهايات الطرفية (NC),(COM) لقطع التيار . ويبين الشكل (ج) ، رموز الرسم التخطيطي للملامسات "a" , "b" . ويقوم المفتاح الحدي بالكشف عن إشارات التحكم من النظام الذي يتم التحكم فيه ، وينقلها إلى مفتاح التحكم في الدائرة التي تضم مرحل (Relay) كهرومغناطيسي ومركبات أخرى .



الشكل ٨-٤ مفاتيح حدية

(ج) المرحل الكهرومغناطيسي Electromagnetic Relay

هو أحد أنواع المرحلات ، ووظيفته هي وصل /قطع التلامس عن طريق قوة كهرومغناطيسية. والمرحل الكهرومغناطيسي لا بد وأن يتواجد في التحكم المتتابع. ولقد تم استخدام المرحلات الكهرومغناطيسية منذ بداية التحكم المتتابع، وتستخدم بكثرة حالياً أيضاً

ويوضح الشكل ٨-٥، مبدأ عمل المرحل الكهرومغناطيسي الصغير ، فعند مرور تيار إلى الملف ، يجذب القلب القطعة الحديدية المتحركة لتوصيل الملامس "a" ، وقطع الملامس "b" . وتبين الأشكال (ب) ، (ج)، عمل ملامسات هذا المرحل ، وكذا الرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي له . والمرحل الكهرومغناطيسي مدمج ، ولكن له عدة ملامسات ، (من 4 إلى 24 تقريباً) .

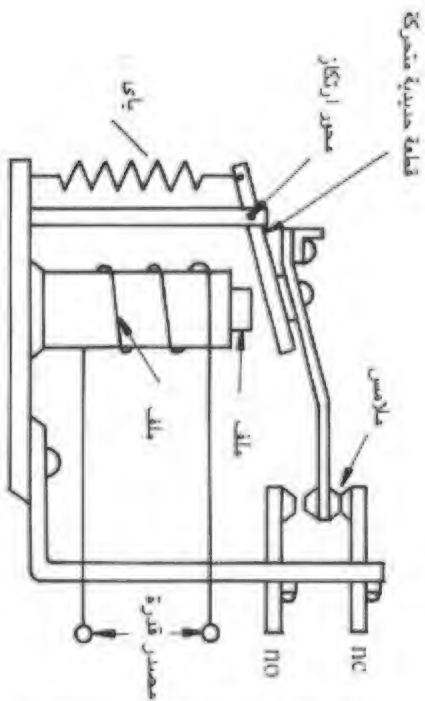
وتسمى الحالة التي يمر فيها تيار إلى المرحل الكهرومغناطيسي أو ملف الصمام اللولبي، بالإثارة ، وتسمى حالة قطع التيار - إزالة التمغنط .

(د) مرحل الحد الزمني (النهاية الزمنية)

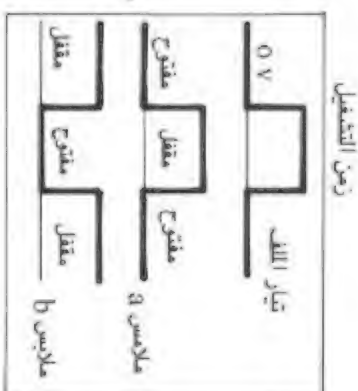
Time Limit Relay

هو أحد أنواع المرحلات، وفيه توصل / تفصل ملامساته بعد زمن معين تم تحديده مسبقاً بعد مرور التيار في الملف، ويسمى ببساطة المؤقت وينقسم إلى النوع الكهربائي ، والالكتروني ، والزنبركي ، وأنواع أخرى .

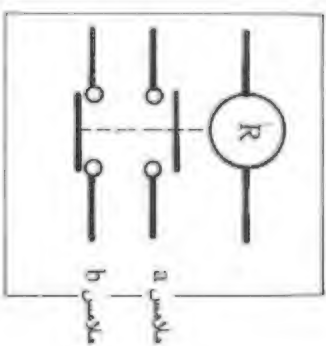
ويبين الشكل ٨-٦، مؤقت بمحرك ، وهو الأكثر استخداماً ، في العادة، ويتكون من محرك متزامن صغير وقايض .



(أ) المبدأ (النوع المفصلي)

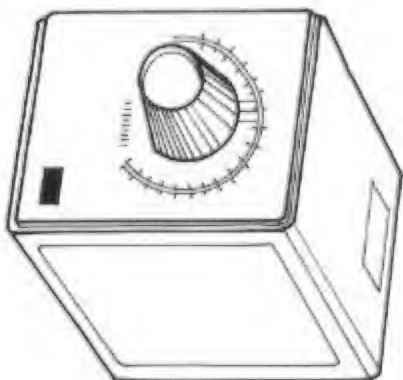


(ب) الحركة



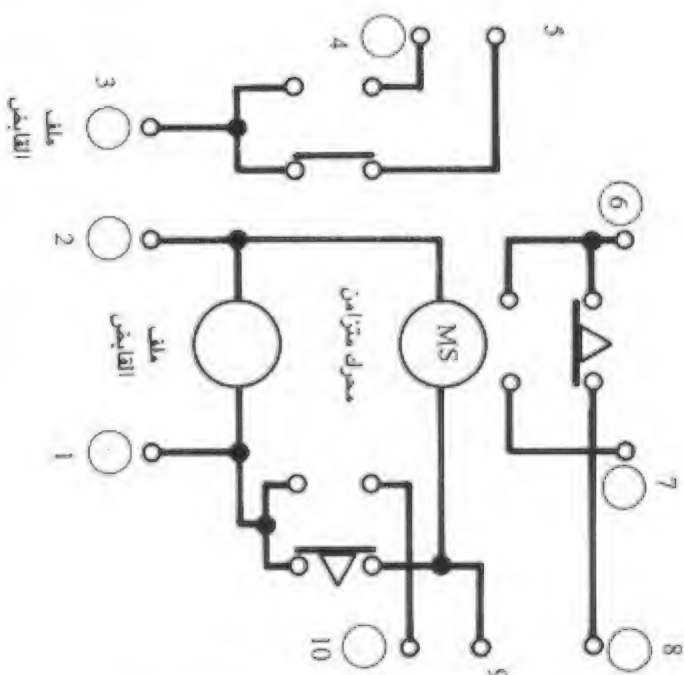
(ج) الرسم التخطيطي

الشكل ٨-٥ مرحل كهرومغناطيسي

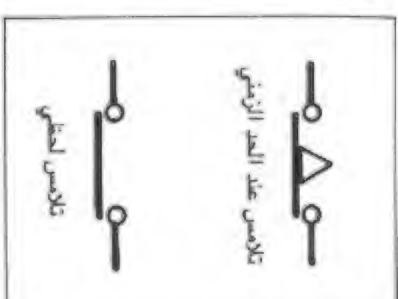


مرحل الحد الزمني

(١) الشكل الخارجي



(ب) التوصيل الداخلي



(ج) الرمز التخطيطي

في الشكل (ب) ، يتم التوصيل على الحرف 2-1 ثم تقفل الملامسات 3-5
4-3 ويصدر المحرك التزامن (MS) ، وبعد مرور الزمن الذي تم ضبطه ،
تقفل الملامسات النهائية 6-7 ، 1-10 و تقفح الملامسات 6-8 ، 9-1 وعند
انقطاع التيار تعود جميع الملامسات الى الاوضاع الاصلية.

الشكل ٨-٦ مؤقت بمحرك Motor Timer

	تشغيل	رمز الرسم التخطيطي	
تشغيل الوقت			إشارة الدخل (ملف) ملاص a ملاص b
عملية إعادة ضبط الزمن			إشارة الدخل (ملف) ملاص a ملاص b

الشكل ٨-٧ عمل المؤقت ورموز الرسم التخطيطي

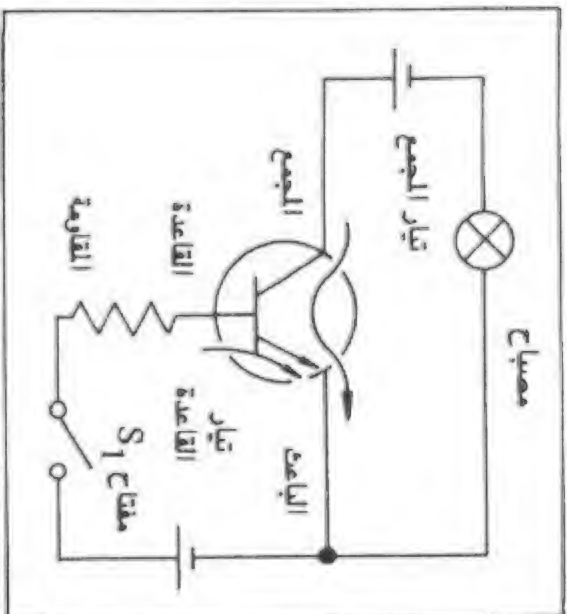
ويبين الشكل ٨-٧، عمل المؤقت والرموز المستخدمة في الرسم التخطيطي. وينقسم عمل المؤقت إلى عملية تشغيل الزمن، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقه زمنية عن طريق إشارة الدخل، وعملية إعادة ضبط الزمن، وفيه توصل وتفصل الملامسات بإعاقه زمنية بعد قطع إشارة الدخل.

أما مرحل المؤقت الإلكتروني فهو يستخدم دائرة إعادة شحن لمكثف (C) ومقاومة (R) كدائرة زمنية، ويسمى أيضا مؤقت CR. ولا يوجد فيه ملامسات، ويستخدم بكثرة، نظراً للوثوق فيه بدرجة كبيرة في العمليات المتكررة.

[٢] العناصر المختلفة لدائرة التحكم بدون ملامسات

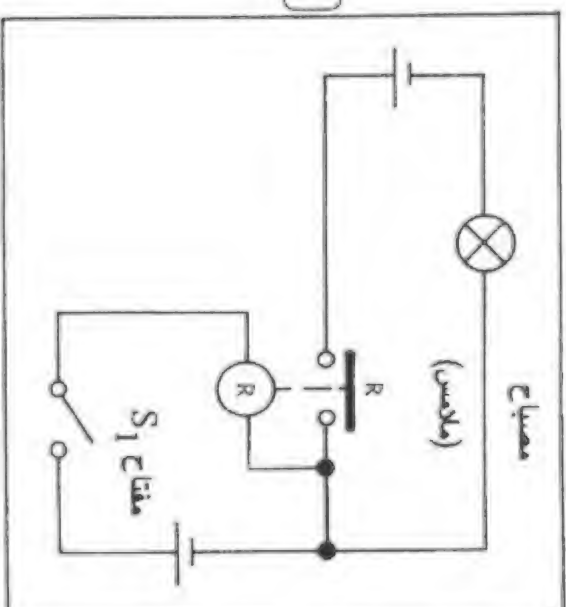
للمرحل الكهرومغناطيسي ملامسات لتوصيل / قطع التيار، ولذا يسمى مرحل التلامس. وبالمقارنة معه، فإن أشباه الموصلات مثل الترانزستورات والثايرستورات (نبيلة ثلاثية من أشباه الموصلات)، انظر الجدول ٨-١، ليس لها ملامسات، ولكن لها خصائص تسمح بعمليات الوصل والفصل للتيار (الإشارات) كما في المرحلات. ولذلك يمكن تكوين دوائر التحكم المتتابع عن طريق استخدام مرحلات بدون ملامسات.

وعلى سبيل المثال، وكما يظهر في الشكل ٨-٨، يمكن أن يوصل / يقطع التيار المار بين مجمع وباعث الترانزستور عن طريق تيار القاعدة. وتسمى هذه بالخاصية التحويلية.



(أ) الدائرة الأساسية للترانزستور

نفس العملية



(ب) الدائرة الأساسية لمرحل كهربومفناطيسي (مرحل بملامسات)

في الشكل (أ) عند الضغط على مفتاح S_1 يمر تيار القاعدة في الترانزستور ويمر تيار المجمع في نفس الوقت ، وبذلك يضيء المصباح بدون تحريك الأجزاء أو بدون ملامسات .
في الشكل (ب) ، يعمل المرحل المغناطيسي بتشغيل المفتاح S_1 ، ثم يقلل الملامس ويضيء المصباح ، وهاتان العمليتان متماثلتان .

الشكل ٨-٨ عمل مرحل بدون تلامس

(أ) عناصر أشباه الموصلات كمرحلات بدون ملامسة

Non- contact Semi-conductor Devices

يبين الجدول ٨-١، قائمة عناصر أشباه الموصلات المختلفة المستخدمة في دوائر التحكم بدون تلامس . ودمج ترانزستور ، وثنائي، وأجهزة ، أخرى يمكن استخدام دائرة لها الخصائص الأساسية المطلوبة للتحكم المتتابع بدون ملامسات. وتوصل أطراف الدخل والخرج للوحدة بالتبادل لتكوين دوائر تتابع اختيارية ، تكون مرحلات عامة بدون ملامسات

(ب) مفتاح التقارب Proximity Switch

تستخدم المفاتيح الدقيقة والحديدية ككشافات لعملية التحكم . وبالإضافة إليهما، تستخدم حاليا كاشفات بدون ملامسات، بكميات كبيرة .

ومفتاح التقارب عبارة عن كاشف يخرج إشارة خرج عندما يقترب الجسم المعني في حدود مسافة سبق تحديدها من قبل. وفي الجدول ٨-٢ ، يتم تصنيف الكاشفات بناء على أساسيات ومبادئ التشغيل .

ومع المفاتيح الكهروضوئية ، وفوق الصوتية ، التي تعمل باللمس ، والتي سيتم توضيحها أدناه ، فإن مفاتيح التقارب أساسية كعناصر مجسات تحكم (ارجع إلي الفقرة ٤ - الجزء ٦ - الفصل العاشر) في الروبوت الصناعي ومعدات الأتمتة بالاستفادة من خصائصها المنفردة .

الإسم	إسم الرمز في الشكل	الخصائص
ترانزستور	باعث مجمع 	يحكم هذا العنصر التيار بين المجمع والباعث عن طريق تيار القاعدة الذي يمر من القاعدة الى الباعث
ترانزستور ضوئي	باعث مجمع 	يتم التوصيل عن طريق الضوء ويتم التحكم في التيار عن طريق كمية الضوء الخارجي
ثنائي باعث للضوء	كاثود (مهبط) أنود (مصعد)	يشع ضوءاً عندما يمر تيار من الأنود الى الكاثود . ويدمج مع الترانزستور الضوئي كإزدواج ضوئي
ثنائي	كاثود (مهبط) أنود (مصعد)	مقاومة هذا العنصر هي صفر عندما يمر تيار من الأنود إلى الكاثود ، وبالعكس ، فإنه يكون ما لانهاية
ثايرستور	كاثود أنود بوابة	وهو عنصر تقويم للتحكم عن طريق السليكون . وهو يتحكم في التيار الذي يمر بين الأنود والكاثود عن طريق تيار البوابة . وله خصائص مدمجة مثل الترانزستور والثنائي

الجدول ٨-١ عناصر أشباه الموصلات المستخدمة في دوائر التحكم بدون تلامس

النوع	نبيذبات تردد عالي	قنطرة حثية (محول فرقي)	النوع المغنطيسي (مفتاح	نوع السعة الكهرستاتية
الشعلة التي يراة الكشف عنها	معدن	معدن (مادة مغنطيسية)	مادة مغنطيسية	جميع المواد
مبادئ التشغيل	يقوم بالكشف عن طريق إنهاء حالة التردد العالي كتغير تذبذب معاوقة الملف	يولد جهة خرج عن طريق عدم إتران دائرة القنطرة عندما يتغير أحد العناصر في الدائرة	يدير مفتاح بريشة عن طريق قوة سحب مغنطيس	يغير السعة عن طريق نفاذية مادة القلب
الخصائص	١ - صغير ٢ - إستجابة عالية ٣ - رخيص	١ - إستجابة مع المواد المغنطيسية فقط	١ - لا يستخدم مصدر قدرة ٢ - رخيص	١ - مناسب للكشف عن المنسوب

١ - E/I تساوي نسبة الجهة E الى التيار I بين طرفين

①

الجدول ٨ - ٢ مفاتيح التقارب

(ج) المفتاح الكهروضوئي Photoelectric Switch

يكون الكشف ممكناً في حالة جميع الأغراض مثل المعادن ، والأجسام الصلبة ، والسوائل ، والغازات ، طالما أنهما تُحدث تغيرات ضوئية . ويبين الشكل ٨ - ٩ أمثلة تطبيقية للمفاتيح الكهروضوئية . وتنقسم المفاتيح الكهروضوئية، تبعاً لدمج الضوء المنبعث وأجهزة أشباه الموصلات ، إلى التالي :

(١) نوع بالإرسال Transmission Type

توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية منفصلة، وترسل إشارة كشف عند مرور جسم بينها .

(٢) نوع بالانعكاس Reflection Type

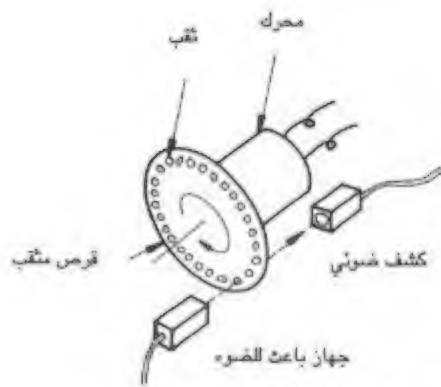
توضع أجهزة بعث الضوء وأجهزة الكشف الضوئية مدمجة ، وترسل إشارة عند الكشف عن ضوء منعكس ينبعث من الجسم المشع .

- أجهزة بعث الضوء مثل المصباح المتوهج وثنائيات بعث الأشعة تحت الحمراء الخ .

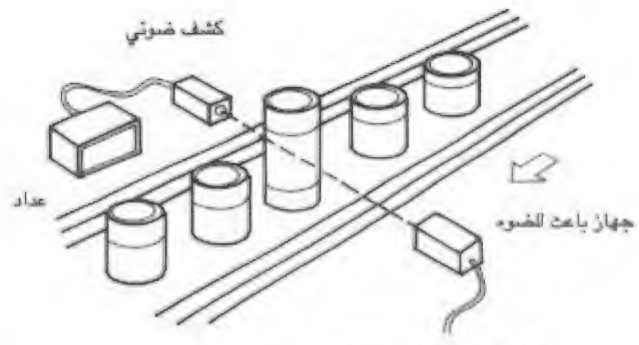
- أجهزة الكشف الضوئية مثل خلايا السليكون ، والترانزستورات الضوئية الخ

(د) المفتاح فوق الصوتي Ultrasonic Switch

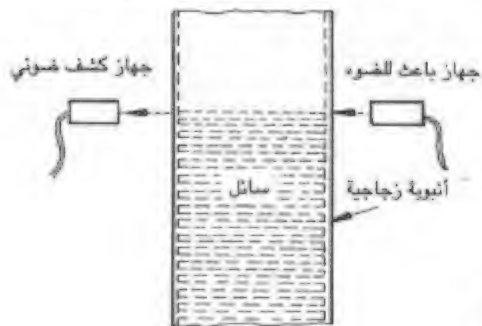
يتم الكشف عن الأجسام باستخدام الموجات فوق الصوتية، وللمفتاح مرسل صدى صوتي (ميكروفون) يعطي ذبذبات بموجات فوق صوتية، ومستقبل صدى صوتي (سماعة) . ويبين الشكل ٨-١٠، أمثلة فعلية لتطبيقات مفتاح الموجات فوق الصوتية .



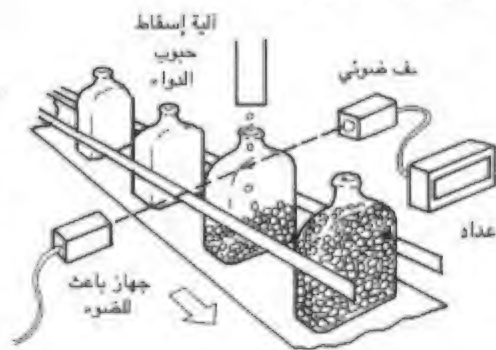
(أ) استخدام تطبيق على التحكم في سرعة المحرك



(ب) تطبيق لقياس ارتفاع ثابت

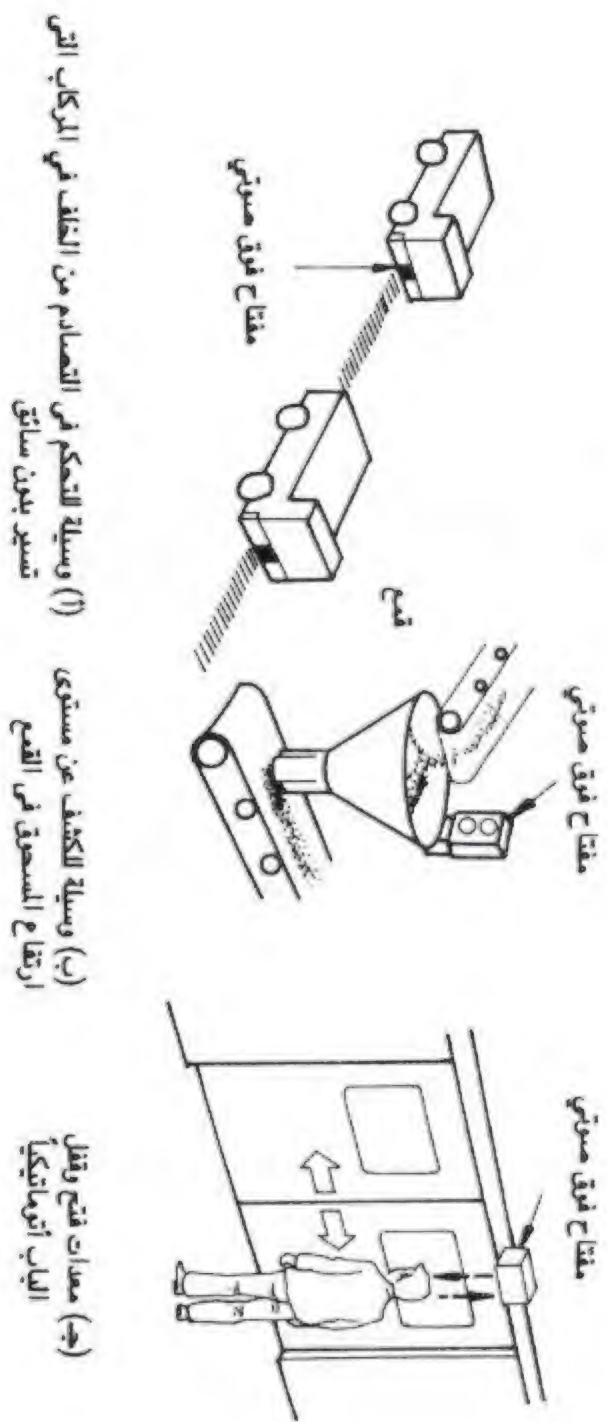


(ج) تطبيق على التحكم في مستوى سائل



(د) تطبيق على التحكم في عدد حبات الهواء التي يتم إسقاطها

الشكل ٨-٩ أمثلة تطبيقية على المفتاح الكهروضوئي

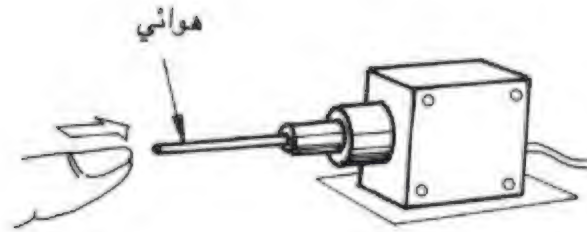


الشكل ٨-١٠ أمثلة فعلية على مفتاح الموجات فوق الصوتية

(هـ) المفتاح الذي يعمل باللمس Touch Switch

وهذا النوع من المفاتيح ، يعمل بمجرد لمسه . وشكل دائرة هذا المفتاح تشابه دائرة مفتاح التقارب من نوع الذبذبات عالية التردد . وتتؤخذ إحدى أطراف دائرة التذبذب عالية التردد كهوائي ، وعند ملامسة موصل لهذا الهوائي ، تتوقف الذبذبات في الحال وترسل إشارة كشف .

وهو ليس مثل المفاتيح الحديدية العادية ، فلا يتطلب هذا المفتاح قوة لتشغيل أو إزاحة ، ويسمح بالكشف مع دقة عالية ، (أنظر الشكل ٨-١١) .

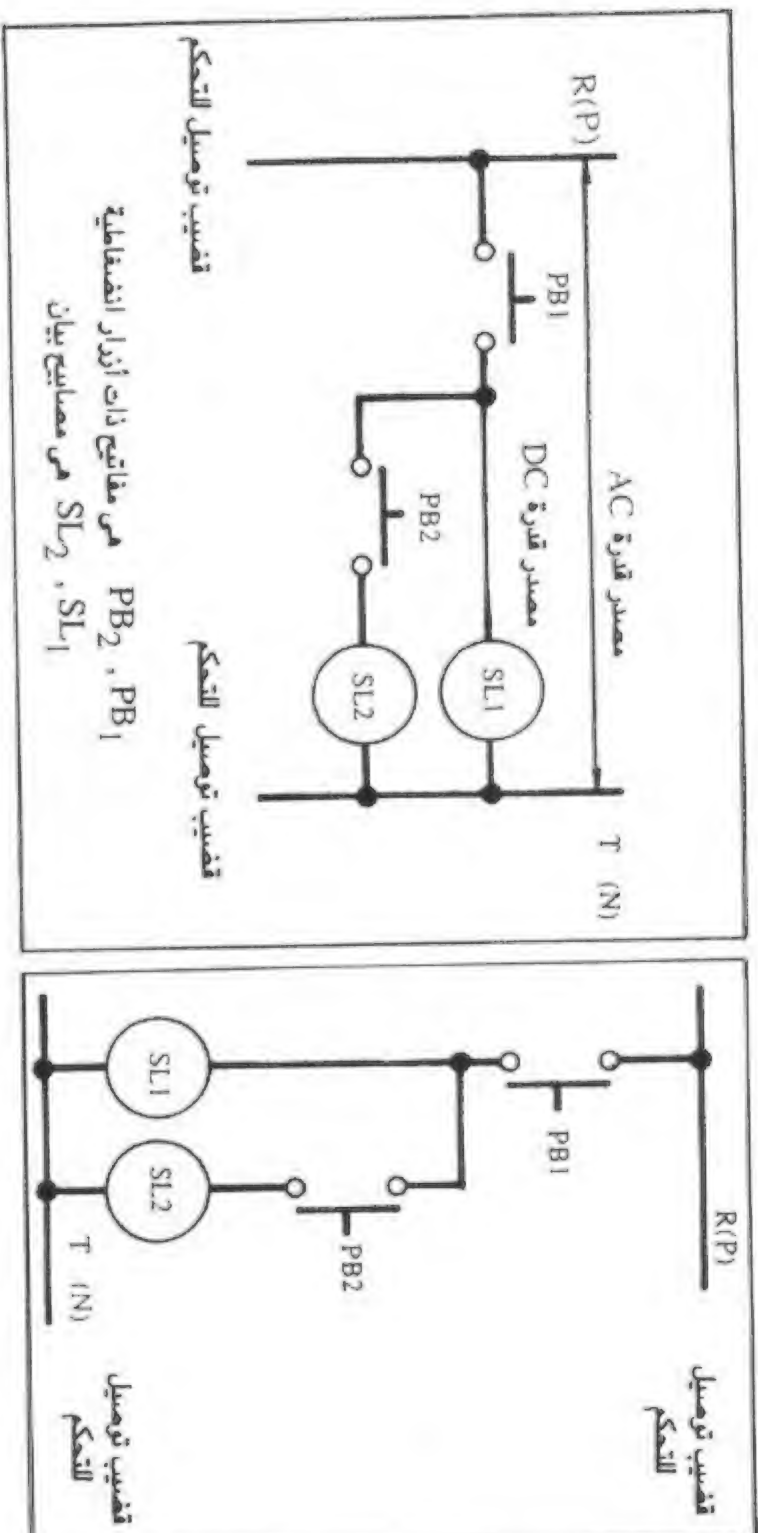


الشكل ٨-١١ مفتاح يعمل باللمس

[٣] الدائرة الأساسية للمرحّل

(١) الرسم التخطيطي للتتابع Sequence Diagram

الرسومات التخطيطية للتتابع (أو مخطط بيان التوصيلات الكهربائية للعناصر) هي الرسومات التخطيطية التي تبين التوصيلات الكهربائية بين العناصر التي يتم التحكم فيها لتوضيح تتابع نظام التحكم كما في الشكل ٨-١٢ .



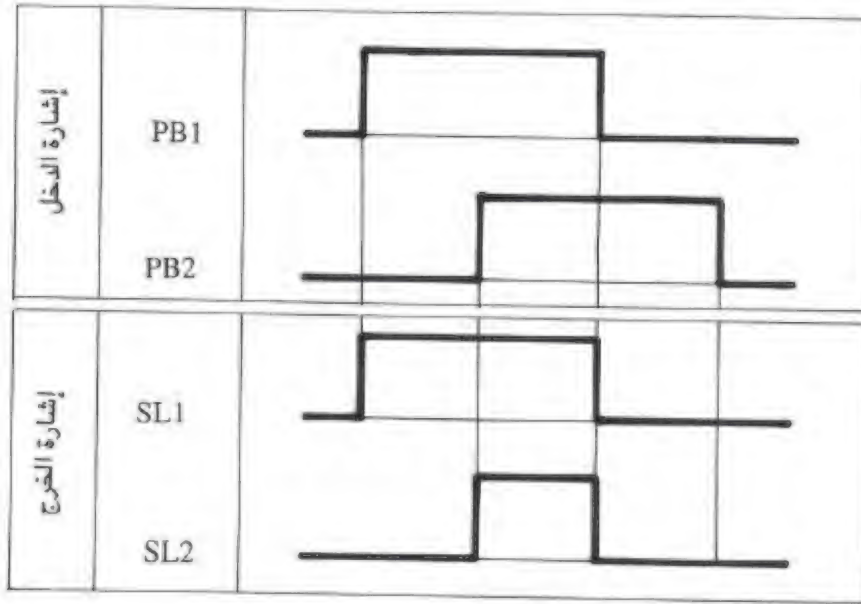
(أ) الوصف الجانبي

(ب) الوصف الرأسي

على الرسم التخطيطي للمفتاح ، ترسم خطوط الإمداد في اليمين واليسار ، ويسمى الوصف الجانبي ، وترسم أعلى وأسفل ويسمى الوصف الرأسي ، ويسمى خط إمداد القدرة بقضيبة التوصيل للتحكم . ولأغراض التمييز يستخدم الرمز R ، T للتيار المتردد ، والرمز P ، N للتيار المستمر .

الشكل ٨ - ١٢ الرسم التخطيطي للتابع

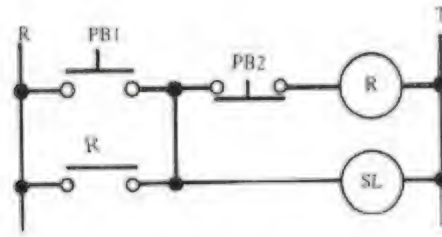
ويبين الشكل ٨-١٢ ، ٨-١٣ ، الرسومات البيانية لتتابع العمليات عن طريق إشارات ، للتأكد من قيام المعدات المختلفة بأداء العمليات ، وتسمى مخططات التتابع. وتسمى المخططات التي تبين الزمن على المحور الأفقي بالمخططات الزمنية . وتستخدم هذه المخططات في تحليل وتصميم التحكم المتتابع .



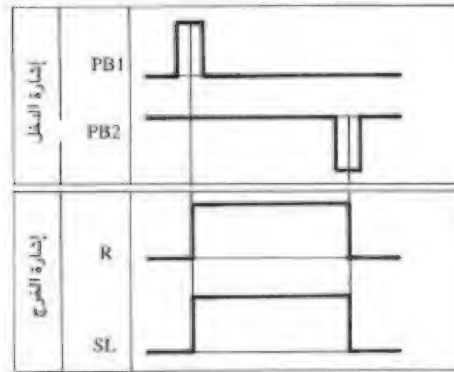
مخطط الإشارة الزمني التتابعي

(ب) دائرة الاحتجاز Holding Circuit

في الشكل ٨-١٤ (أ) ، تحدث إثارة في الملف R للمرحل ، ويقفل الملامس R للمرحل في اللحظة التي يُضغَط فيها المفتاح الانضغاطي PB_1 ، فيمر تيار بواسطة ملامس المرحل R ليستمر في إثارة الملف R ، ويبقى المصباح المبين SL مضيئاً ، حتى بعد رفع الضغط عن المفتاح PB_1 . وتسمى هذه الحالة «القيام بالاحتجاز» . وتسمى هذه الدائرة دائرة الاحتجاز. وبالضغط على المفتاح PB_2 ، تزال مغنطيسية الملف R للمرحل وينطفئ مصباح المبين. وتسمى هذه الحالة «فك الاحتجاز» .



(أ) الرسم التخطيطي



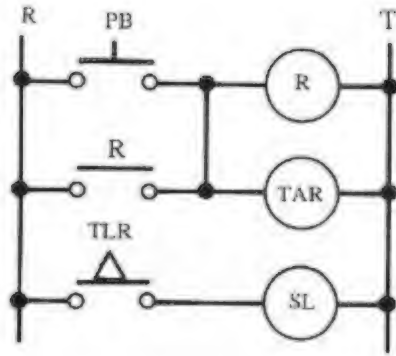
(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٤ دائرة احتجاز

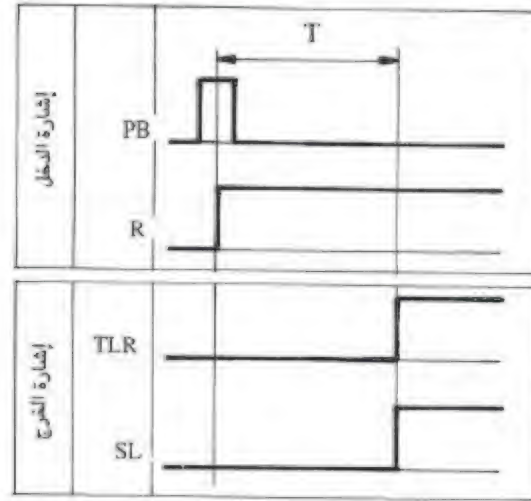
وكما ذكر من قبل ، فلدائرة الاحتجاز وظيفة الذاكرة، وهي من الدوائر الأساسية لتكوين دوائر التحكم المتتابع .

(ج) دائرة تأخير زمني للتشغيل Delay Operation Circuit

باستخدام مرحل حد زمني ، يمكن أن تفتح وتغلق الملامسات عند فروق زمنية ثابتة ، وبهذا تكون عمليات الإعاقة المختلفة سهلة . في الشكل ٨-١٥ ، بالضغط على المفتاح الإنضغاطي PB ، يثبت المرحل R ، ويعمل المؤقت TLR ، فتوصل الملامسات بعد زمن (t) تم ضبطه مسبقاً، ويضيء مصباح المبين SL . تسمى هذه الدائرة - دائرة تأخير زمني للتشغيل .



(أ) الرسم التخطيطي



(ب) المخطط الزمني

الشكل ٨-١٥ دائرة تأخير زمني للتشغيل

(د) دائرة التشابك Interlock Circuit

في الشكل ٨-١٦ ، بالضغط على المفتاح الانضغاطي PB_1 ، يبقى المرحل R_1 في حالة القيام بالاحتجاز ويضيء مصباح المبين SL_1 . ويكون الملامس b للمرحل R_1 مفتوحاً ، حتى عند ضغط المفتاح PB_2 في هذه الحالة ، ولا يعمل المرحل R_2 . ولا يضيء المصباح SL_2 . وتسمى هذه الحالة « التشابك » . ولإضاءة مصباح المبين SL_2 ، يجب الضغط على المفتاح PB_3 لفك احتجاز المرحل R_1 ويجب الضغط على PB_2 بعد ذلك . وبالضغط على PB_2 ، يحتجز المرحل R_2 ، ويتشابك المرحل R_2 بحيث لا يعمل المرحل R_1 حتى في حالة الضغط على المفتاح PB_1 . ولا يضيء المصباح SL_1 . وتسمى الدوائر من هذا النوع - والذي يتوقف عملها على تحقيق شروط معينة - دوائر التشابك البينية . وتسمى الملامسات b للمرحلات R_1, R_2 بلامسات التشابك .

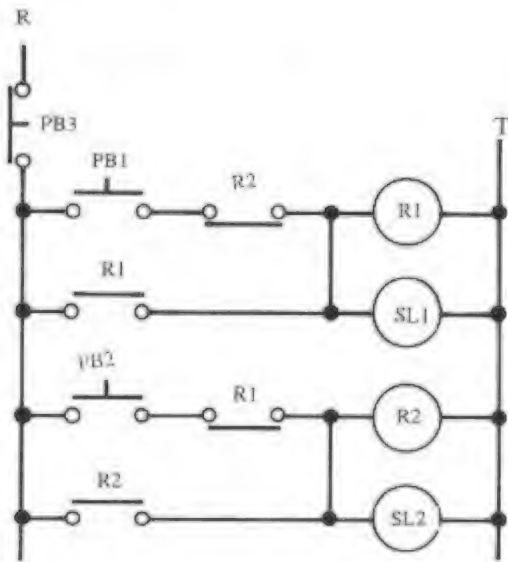
وتستخدم دوائر التشابك البينية عندما تعطي أولوية للتشغيل أو عند القيام باختبار سلامة الآلات والمعدات .

تمرين ١

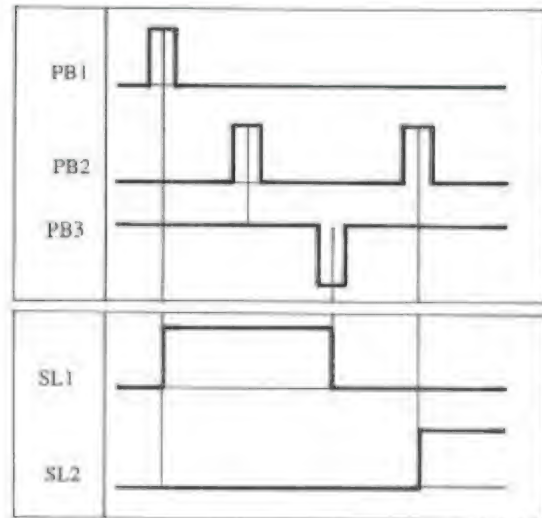
ارسم مخطط الإشارة الزمني لتتابعي لتشغيل مصباح المبين في الدائرة المعروضة في الشكل ٨-١٧ .

تمرين ٢

كوّن دائرة مرحل لتشغيل مصباح المبين في مخطط التتابع في الشكل ٨-١٨ .

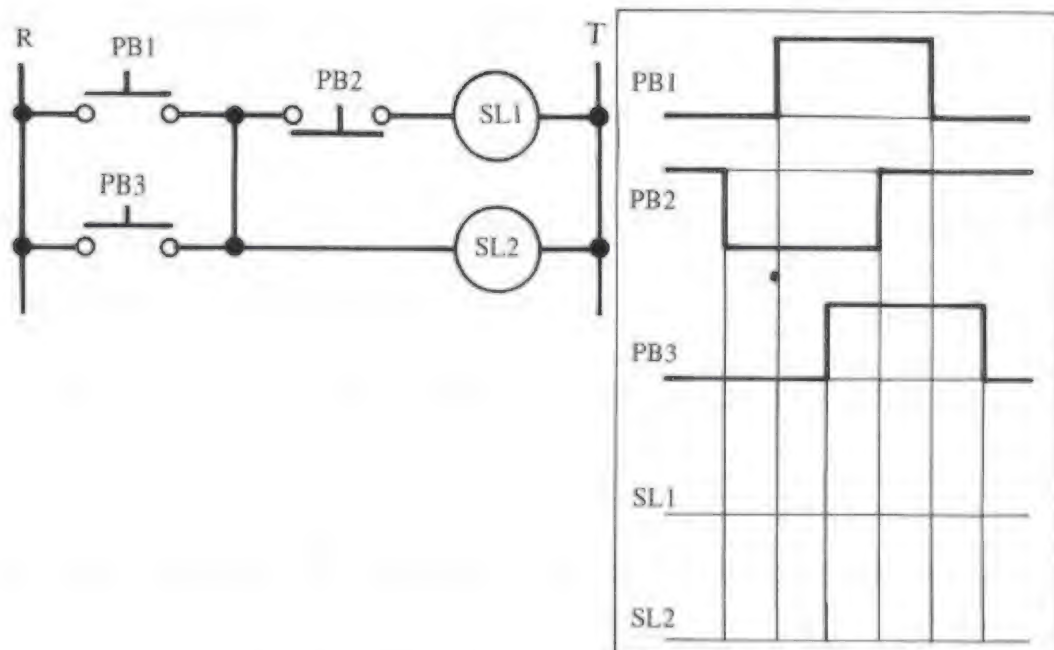


(أ) الرسم التخطيطي

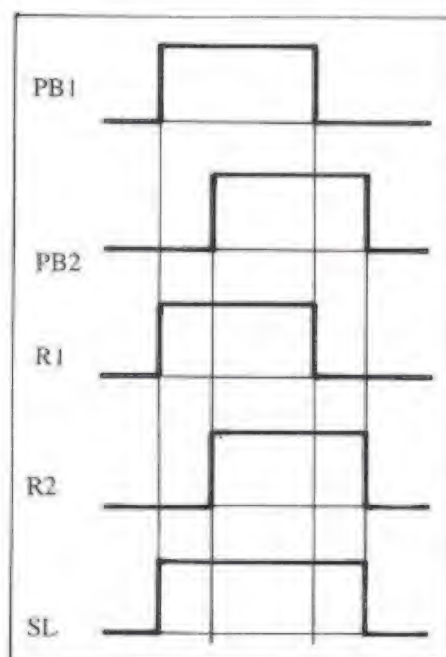


(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨-١٦ دائرة التشابك



الشكل ٨-١٧



الشكل ٨-١٨

٨-٢ دوائر التحكم المتتابع المختلفة

٨-٢-١ التحكم المتتابع الكهربائي

تنقسم دوائر التحكم المتتابع الكهربائي ببساطة إلى دوائر حمل لتشغيل الأنظمة التي يتم التحكم فيها ودوائر تحكم للتحكم في الأحمال .

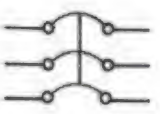
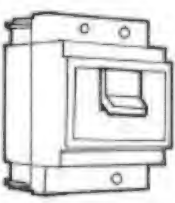


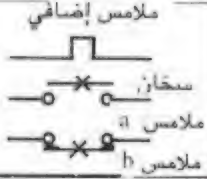
والأحمال عبارة عن المحركات ، والمسخنات الكهربائية ، والصمامات التي تعمل بملف لولبي ، ومعدات أخرى ، وتستخدم دائرة المرحل كدائرة تحكم .

[١] دائرة بادئ حركة (تشغيل) المحرك Motor Starter Circuit

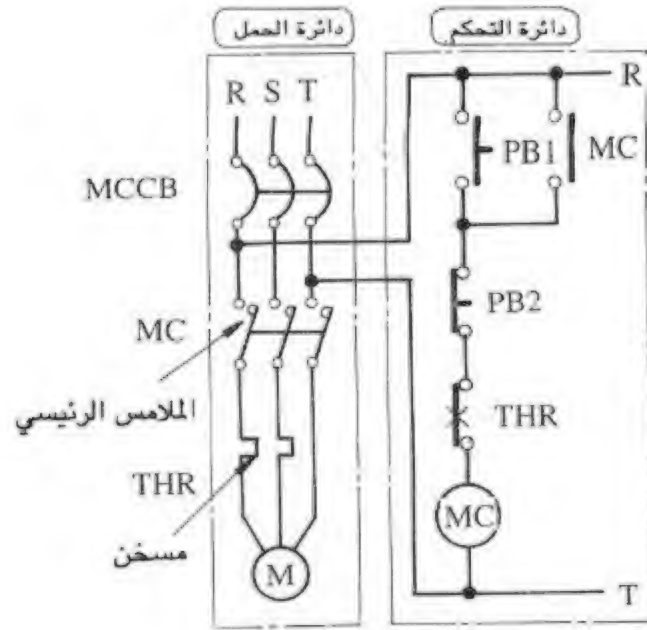
تستخدم قواطع التيار ذات العلبة المصبوبة ، ومفاتيح كهرومغناطيسية في دوائر التحكم للمحرك ، بشكل عام ، ويبين الجدول ٨-٣ هذه المعدات .

ويطبق جهد مقدر مباشرة علي محرك حث ثلاثي الأطوار من نوع قفص السنجاب ذي سعة صغيرة نسبياً ، كما في الشكل ٨-١٩ ، لجعله يبدأ في العمل ، حيث أن التأثيرات على سلك التوزيع تكون صغيرة .

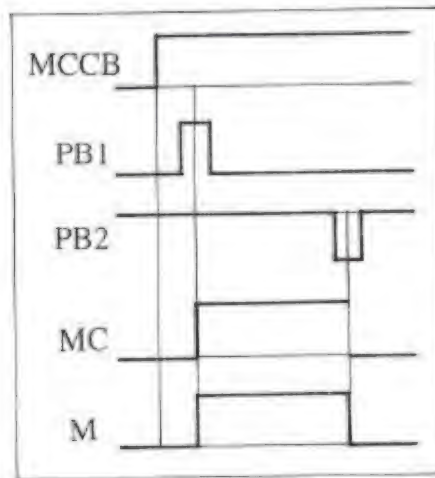
وبوضع قاطع التيار MCCB في وضع وصل ON ، وبالضغط على المفتاح PB_1 ، تتم إثارة الملامس الكهرومغناطيسي MC ويُقفل ملامسه الرئيسي ، ليبدأ المحرك M العمل . ويستمر المحرك M في الدوران ذاتياً عن طريق الملامسات المساعدة MC ، حتى عند إزالة الضغط عن المفتاح PB_1 . وبالضغط على المفتاح PB_2 ، يزال تمغنت MC ويتوقف المحرك M لفك الاحتجاز الذاتي . وعند مرور تيار زائد نتيجة فشل أو حادث أثناء التشغيل ، يعمل مسخن المرحل الحراري THR بحيث يفتح الثنائي المعدني ملامسه ، لا يقاف المحرك .

الاجزاء	الرمز التخطيطي	الشكل الخارجي	الجهاز
ينقطع التيار عند زيادة التيار أو عند حدوث قصر في الدائرة			قاطع تيار من نوع العلبة المصبوبة
أحد المرحلات الكهرومغناطيسية الكبيرة المفتاح الرئيسي والملاصق الإضافي لفتح وقفل تيار الحمل			مفتاح كهرومغناطيسي
العناصر تتكون من مسخن ، ثنائي معدني للعنصر الحراري وملاصق ، وهو يمنع الاحتراق نتيجة التيار الزائد			مرحل حراري

الجدول ٨-٣ قاطع التيار نو العلبة المصبوبة والمفتاح الكهرومغناطيسي



(i) الرسم التخطيطي للتابع



(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨ - ١٩ دائرة البدء (التشغيل) للمحرك

[٢] دائرة مبيّن لمحرك Motor Indication Circiut

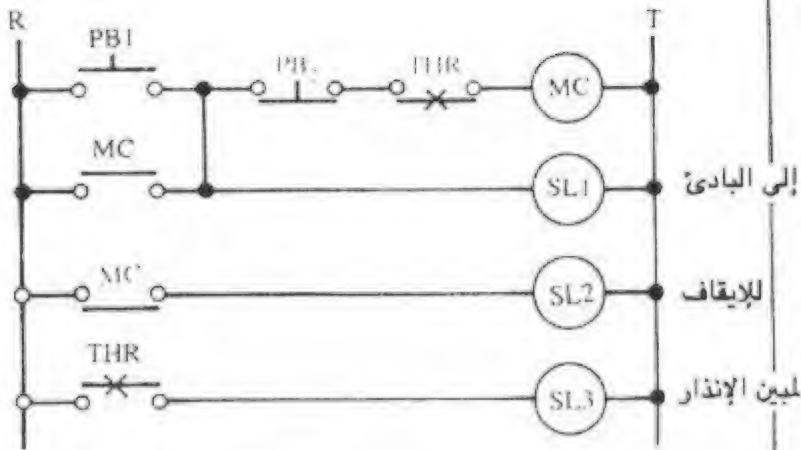
يبين الشكل ٨-٢٠، دائرة بيان لمحرك مع إضافة مصابيح بيان إليها في دائرة التحكم المعروضة في الشكل ٨-١٩ .

بعمل توصيل للقدرة ، يضيئ المصباح المبين SL_2 (للتوقف STOP). وبالضغط على المفتاح PB_1 ، تتم إثارة الـ MC فيبدأ المحرك في الدوران. وفي نفس الوقت، يضيئ المصباح المبين SL_1 (للبدء START)، وينطفئ المصباح SL_2 .

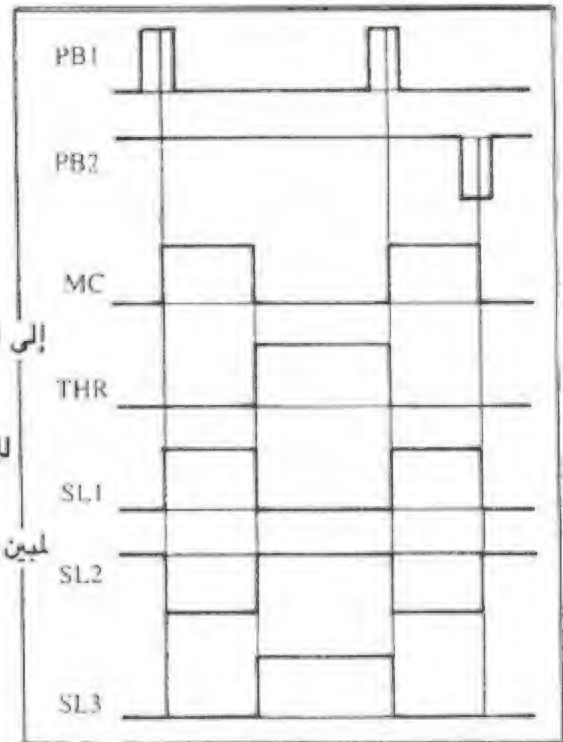
وعند حدوث زيادة في التيار نتيجة بعض الأسباب ، يعمل مسخن المرحل الحرارى THR لإيقاف المحرك ، وفي نفس الوقت، ينطفئ SL_1 ، وتضيئ مصابيح الإنذار SL_2 . ولاستعادة هذه الحالة إلى حالتها الأصلية ، يعاد وضع الـ THR يدويا، ويعاد الضغط على PB_1 . وهذا سيؤدي إلى بدء تشغيل المحرك، وتضيئ المصابيح SL_2 ، SL_1 وينطفئ SL_3 . وبالضغط على PB_2 ، يتوقف المحرك ، وينطفئ SL_1 ويضيئ SL_2 .

[٣] مفاتيح التشغيل بالتحكم المبرمج Programmable Controller (PC)

تُوصّل، بشكل عام ، دائرة المرحل بمرحلات كهرومغناطيسية وأجهزة توقيت ومركبات لازمة أخرى بالأسلاك لتكوين دوائر تحكم تتابعية . وفي مفاتيح التحكم المبرمجة ، يمكن تكوين دوائر تحكم تتابعية بدون ملامسات بسهولة داخل جزء مفتاح التحكم، وذلك بتوصيل الدخل فقط مثل المفاتيح الحدية والأزرار الانضغاطية . وأكثر من ذلك، يمكن لهؤلاء الذين ليس لديهم خبرة في برمجة الحاسب أن يراجعوا برامج التحكم بسهولة . ولذلك فإن مفاتيح التحكم المبرمجة تعتبر معدات مناسبة .



(أ) الرسم التخطيطي للتتابع



(ب) مخطط الإشارة الزمني

الشكل ٨ - ٢٠ دائرة بيان لمحرك

وكما يظهر في الشكل ٨-٢١، تعتبر مفاتيح التحكم المبرمجة من الأنظمة شبه الحاسوبية، وتتكون أساساً من مواعمة بينية للدخل والخرج ، ووحدة معالجة مركزية ، ووحدة تخزين (ذاكرة) ، وأجهزة إدخال وإخراج البرامج ، (ارجع إلى الفقرة ٢- الجزء ١ - الفصل العاشر) .

تتم برمجة تفاصيل التحكم وتخزن في وحدة التخزين . ويتم تنفيذ البرامج عند استقبال إشارات الدخل . وتخرج إشارات تبعاً لنتائج العمليات الحسابية لتنفيذ التحكم المتتابع . ويمكن اعتبار مفاتيح التحكم المبرمجة حاسبات مخصصة للتحكم المتتابع فقط . وسيكون لها وظائف أكبر ، وستلعب دوراً هاماً في تحويل المصانع إلى الأوتوماتيكية .

[٤] خصائص مفاتيح التحكم التتابعية الكهربائية ذات الملامسات وبدونها

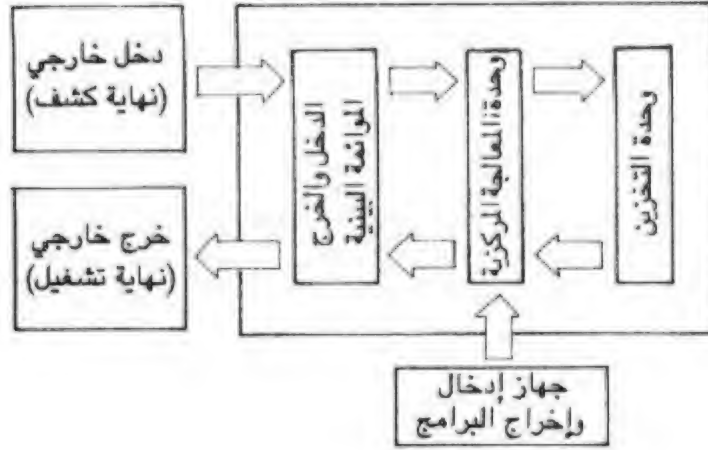
يعطي الجدول ٨-٤، قائمة بخصائص مفاتيح التحكم التتابعية ذات الملامسات وبدونها

٨ - ٢ - ٢ التحكم المتتابع الهيدروليكي

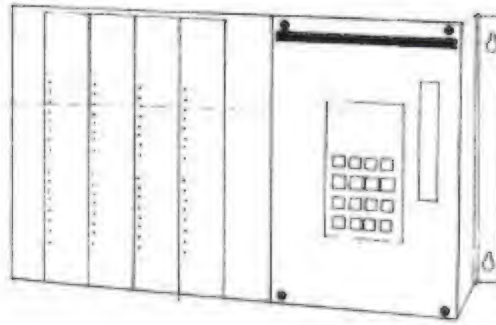
Hydraulic Sequential Control

[١] نظام التحكم الهيدروليكي

في كثير من الحالات ، في التحكم الأوتوماتيكي ، يتم إرسال إشارات وتكبيرها كهربائياً ، لتشغيل آليات ومعدات تستلزم قوة كبيرة ، بالرغم من أنها صغيرة نسبياً ، إلا أنها تستخدم معدات هيدروليكية قوية .



(أ) مخطط التركيب



(ب) الشكل الخارجي

الشكل ٨ - ٢١ مفتاح التحكم المبرمج

النوع / الخصائص	نوع ذو تلامس	نوع بدون تلامس
نظام التحكم	دخل أقل وخرج أكبر ، وهذا مربع	دخل أكبر وخرج أقل ، وهذا مربع
سرعة الإستجابة	بطيء (وعادة لا توجد مشاكل)	سريع (أقل من 10^{-3} ث)
الإستخدام	محدود	أكثر ربحية وأكثر إستخداما مع حياة نصف دائمة
تحمل الظروف البيئية	يتطلب التركيب مع حماية (يمنع التلامس الأقل جودة) ، يعطي صوت للمرحل عند التشغيل	لايتأثر بالغبار والتآكل من الغازات يمكن أن يستخدم مع الغازات القابلة للإنفجار حيث توجد شرارة
تحمل الإهتزاز	محدود	قوى نظراً لعدم وجود أجزاء متحركة
تحمل الضوضاء	قوى	يحتاج الى حماية من الضوضاء في حالة القرب من الأجهزة الكهربائية القوية
السعر	متوسط	غالي الثمن نسبياً
الحجم	محدود بأحجام صغيرة	صغير وخفيف

الجدول ٨ - ٤ خصائص مفاتيح التحكم التتابعية ذات الملامسات وبدونها

وتوفر الأنظمة الهيدروليكية خرجاً كبيراً، بالرغم من أنها ذات حجم صغير نسبياً . ويمكن التحكم في الضغط ، والسرعة والموضع بدقة وبساطة. هذا ، وتستخدم الأنظمة الهيدروليكية بكثرة في آلات التشغيل ، والآلات الصناعية ، والسفن ، والمركبات، والطائرات ، والمعدات الأتوماتيكية في المصانع المختلفة . ويبين الشكل ٨-٢٢، معدة لتحريك اسطوانة إلى اليمين واليسار عن طريق ضغط هيدروليكي، وكذلك الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية .

[٢] العناصر المختلفة لنظام التحكم الهيدروليكي

يتكون نظام التحكم الهيدروليكي من مضخة هيدروليكية تنتج ضغطاً هيدروليكياً ، وصمام تحكم ، يتحكم في الضغط والانسحاب والاتجاه ، ومُشغل هيدروليكي يحول الضغط الهيدروليكي إلى شغل ، وعناصر أخرى .

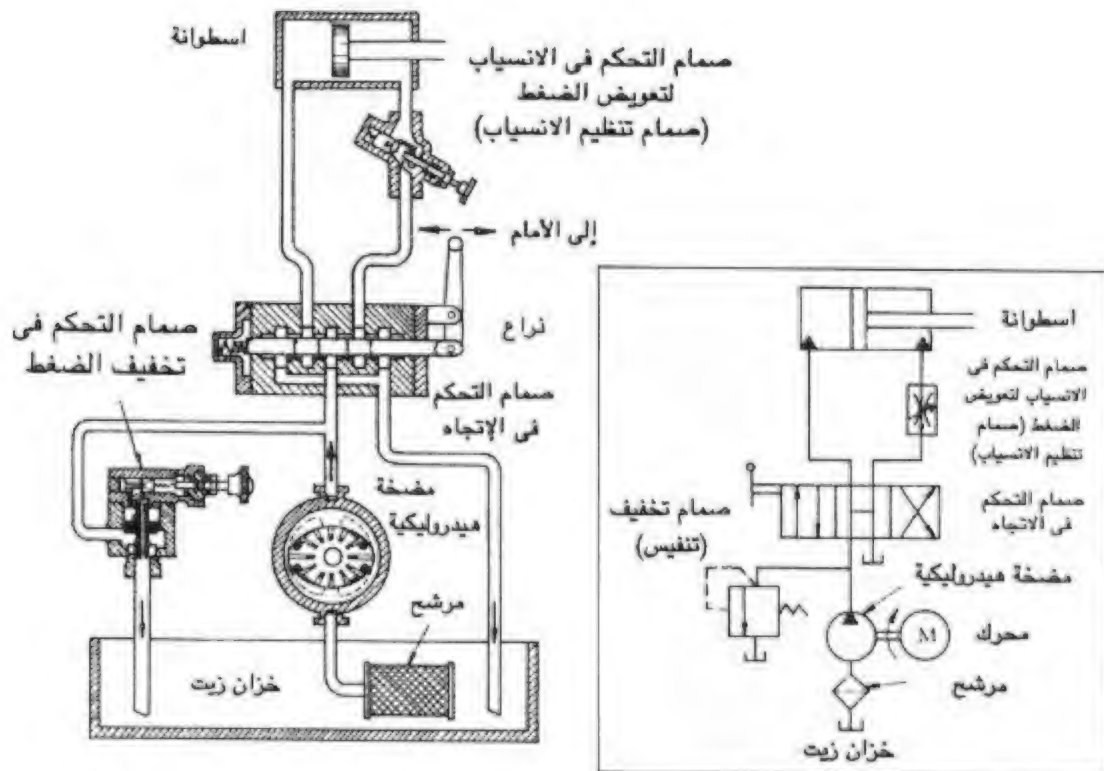
(أ) المضخة الهيدروليكية Hydraulic Pump

تشمل المضخات الهيدروليكية ، مضخة ذات ريش ، وذات تروس وذات كباس وأنواع أخرى . ويبين الشكل ٨-٢٣، تكوين هذه المضخات .

(ب) المُشغِّل الهيدروليكي Hydraulic Actuator

يحول المُشغِّل الهيدروليكي الطاقة الهيدروليكية التي تعطيها المضخة الهيدروليكية إلى طاقة ميكانيكية مثل الحركة الخطية والدورانية ، وتنقسم المُشغلات الهيدروليكية إلى اسطوانات هيدروليكية تؤدي الحركة الخطية ، والمحركات الهيدروليكية وتؤدي الحركة الدورانية. وتشمل المحركات الهيدروليكية ، محركات ذات ريش ، وذات تروس ، وذات كباس وأنواع أخرى . ويتشابه تركيبها مع المضخات الهيدروليكية .

تقوم المضخة الهيدروليكية برفع الزيت الهيدروليكي ، ويغير الزيت اتجاه الحركة للأسطوانة الهيدروليكية عن طريق التشغيل اليدوي لصمام التحكم في الإتجاه ، ويقوم صمام تنظيم الانسياب بضبط كمية الزيت في الاسطوانة ويتحكم في سرعة حركة الاسطوانة (بسرعة أو ببطء) . ويقوم صمام التحكم في تخفيف الضغط باستعادة الزيت المتبقي إلى خزان الزيت .

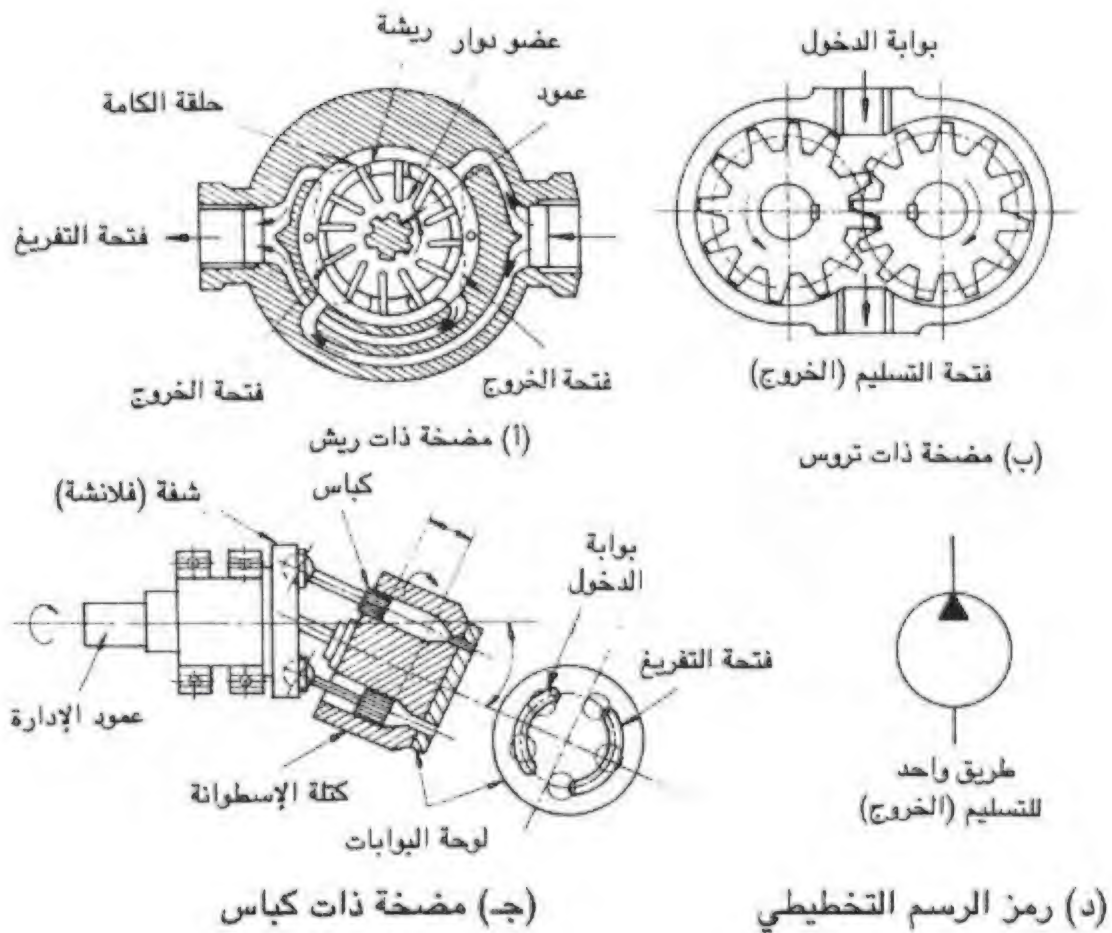


ب- الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية أ- معدات التحكم الهيدروليكي

الشكل ٨ - ٢٢ مفتاح تحكم هيدروليكي والرسم التخطيطي
للدائرة الهيدروليكية

مضخة ذات ريش : عندما تدور الريش (الموضوعة في فتحات في العضو | الدوار) إلى الخارج بقوة الطرد | المركزية | ويزيد ضغط الزيت بعد ذلك في جانب فتحة التفريغ للمضخة ، تدور الريش وهي تضغط على حلقة الطاقة . ويعمل تغير حجم الفراغ لكل ريشة كمضخة .

مضخة ذات كباس : توجد بوابة الدخول وفتحة التفريغ على لوحة البوابات وتعمل هذه البوابات بالحركة الترددية للكباس مع دوران عمود الإدارة . وفي الشكل (ج) ينتهي الكباس من السحب الآن (الناحية العلوية) ، ويبدأ بعد ذلك في دفع الزيت ، يبدأ الكباس (الناحية السفلية) في السحب ويوجد خمسة كباسات تعمل على سحب أو دفع الزيت كل نصف دورة . وبهذا يتحقق دوران الزيت بدون حدوث موجات (تذبذب)



الشكل ٨ - ٢٣ المضخة الهيدروليكية

ويبين الشكل ٨-٢٤، اسطوانة هيدروليكية تعمل في اتجاهين، يمكنها أن تحرك المكبس حركة ترددية بتغيير إدخال الضغط الهيدروليكي على جانبي المكبس بالتبادل .

(ج) صمام التحكم Control Valve

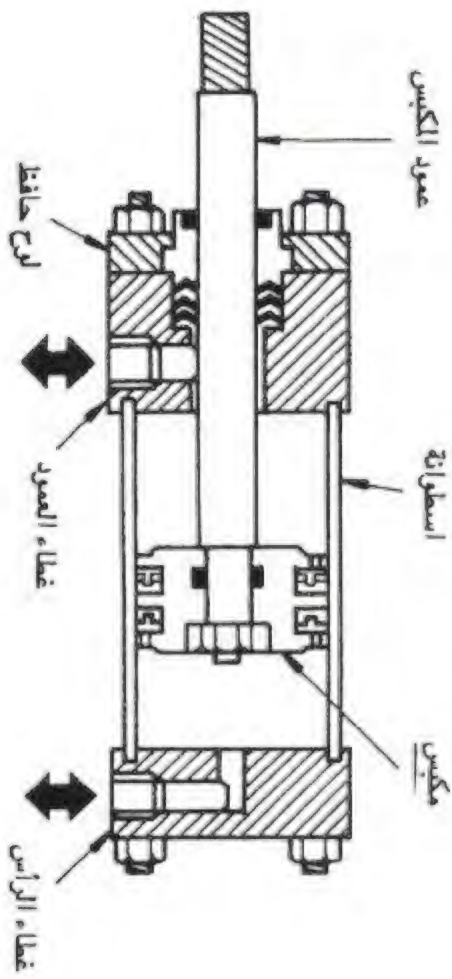
يستخدم الصمام للمحافظة على ضغط ثابت داخل دائرة هيدروليكية للتحكم في الانسياب وتغيير اتجاهه .

صمام التحكم في الضغط : والنوع النموذجي له هو صمام تنفيس. فيمنع هذا الصمام زيادة الحمل في المعدات الهيدروليكية ، ويعيد جزءاً من الزيت أوتوماتيكياً إلى الخزان للتحكم في ثبات الضغط ، وذلك لمنع الضغط داخل الدائرة من تخطي أقصى ضغط . وتبين الأشكال ٨-٢٥ (أ) ، ٨-٢٥ (ب) ، صمام تنفيس ذا فعل مباشر وآخر يستخدم مكبس توازن .

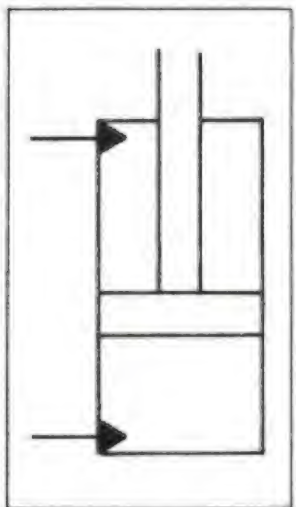
صمام التحكم في الانسياب : ويضبط هذا الصمام الانسياب وذلك للتحكم في سرعة الإسطوانة الهيدروليكية أو المحرك الهيدروليكي .

ويبين الشكل ٨-٢٦ (أ) ، ٨-٢٦ (ب) صمام خانق ذا تركيب بسيط وصمام تحكم في الانسياب بصمام تعويض للضغط داخل الصمام .

صمام التحكم في الاتجاه : وهو يتحكم في المشغل الميكانيكي الهيدروليكي من حيث بدء العمل والتوقف وتغيير الاتجاه .



(١) النوع ذو العمل المزدوج



(ب) رمز الرسم التخطيطي

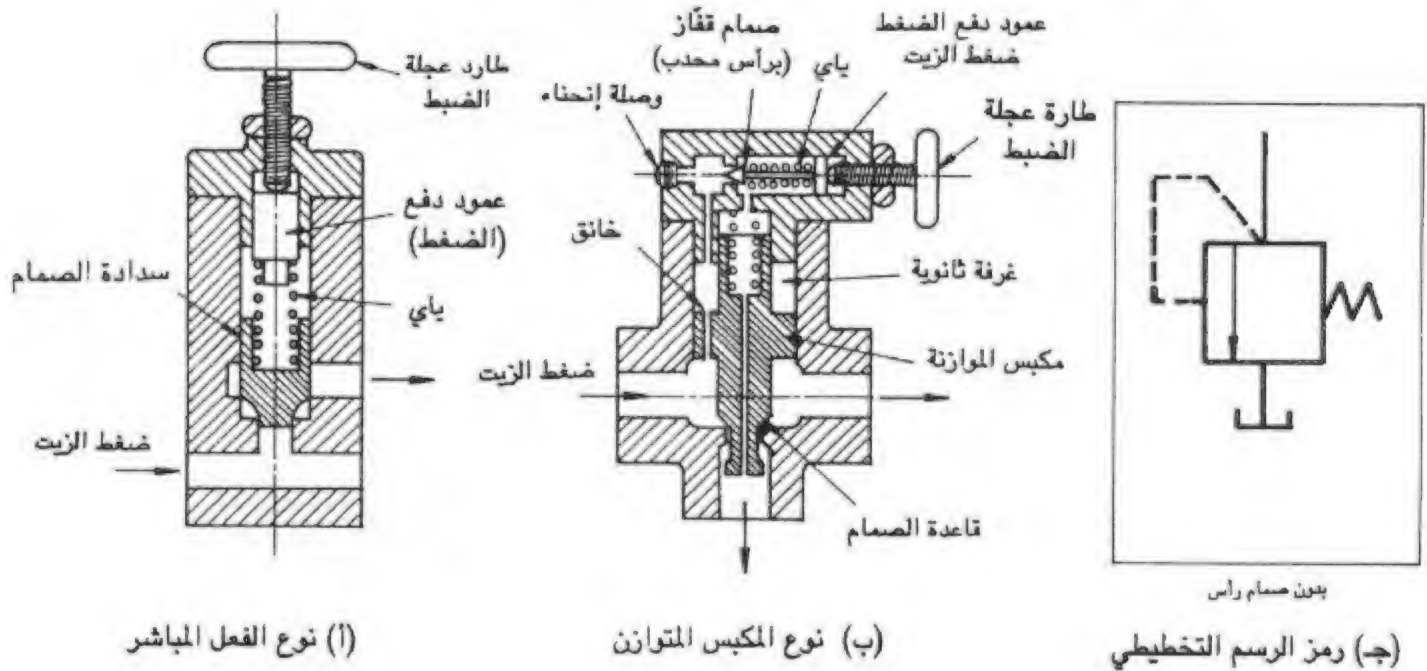
الشكل ٨ - ٢٤ أسطوانة هيدروليكية

في الشكل (أ) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فيتحرك الياي للخلف ، حيث يعمل ضغط الزيت على دفع سدادة الصمام لأعلى. لذلك يستعيد الزيت الفتحة غير المطوية بين الألواح . وينساب بعض الزيت إلى الخزان وهو محمي حتى لا يرتفع ضغط الزيت أعلى من صمام الضغط المضبوط ، ويبقى ثابتاً وهو ذو شكل بسيط وصغير نسبياً بالمقارنة مع سعته ، ولكن هناك تخطيطاً كبيراً للضغط مما يسهل حدوث ظاهرة الارتجاج كنوع من الفشل .

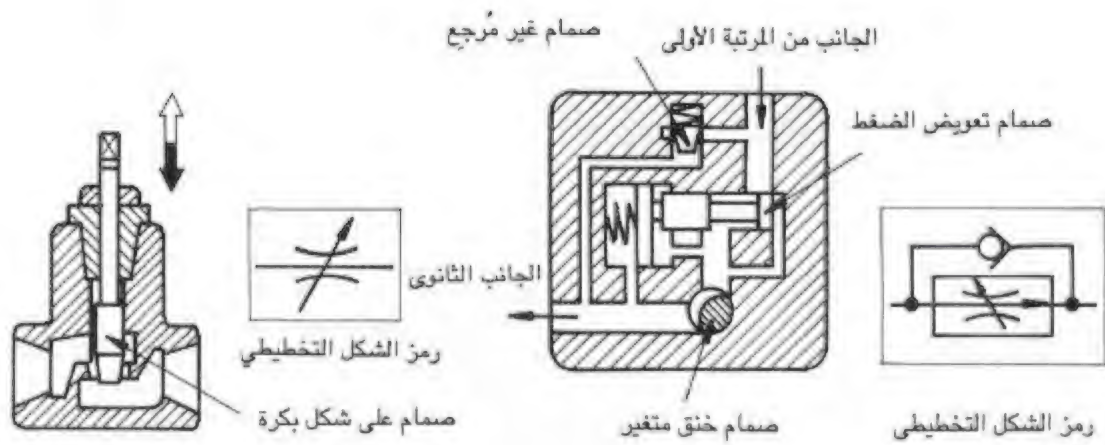
في الشكل (ب) يزيد ضغط الزيت عن الضغط المضبوط ، فينساب الزيت خلال الخائق والغرفة الثانوية ويؤثر على نقطة الرأس للصمام القفاز (يؤثر الياي بضغط على الصمام) ويتحرك الصمام القفاز للخلف ، وينساب الزيت خلال الجزء الأوسط لمكبس الموازنة إلى الخزان وفي هذا الوقت يكون هناك ضغط فرقي أمام وخلف الخائق ، وبهذا يندفع المكبس إلى أعلى إلى الغرفة الثانوية حيث تصبح ذات ضغط منخفض وتفتح سدادة الصمام ، ويمر بعض الزيت إلى الخزان ويبقى على الضغط المضبوط ، وهذا النوع أفضل في الأداء من النوع (أ)

* المقصود هنا : الفرق بين الضغط المضبوط والضغط (ضغط التكسير) عندما يعمل الصمام ويبدأ بعده ظهور زيت .

* ظاهرة الارتجاج : نوع من ظاهرة الاهتزاز بالإثارة الذاتية ، عندما يصطدم صمام التخفيف أو غيره بقاعدة الصمام ويصدر صوتاً عالياً نسبياً .



الشكل ٨ - ٢٥ صمام تنفيس (تخفيف) Relief Valve



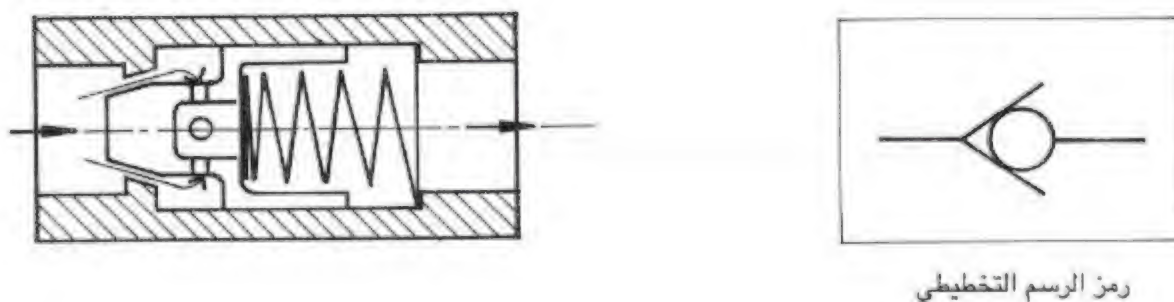
(أ) صمام خنق

(ب) صمام التحكم في الانسياب ذو صمام تعويض الضغط

الصمام الخانق في الشكل (أ) يتحكم في مرور التفريغ عن طريق تغيير مساحة مقطع الخانق ، وصمام التحكم في الانسياب في الشكل (ب) ذو صمام تعويض الضغط للمحافظة على مرور ثابت للتفريغ ، حتى في حالة حدوث تموج (تموج) حول صمام التحكم .

الشكل ٨ - ٢٦ صمامات التحكم في الانسياب

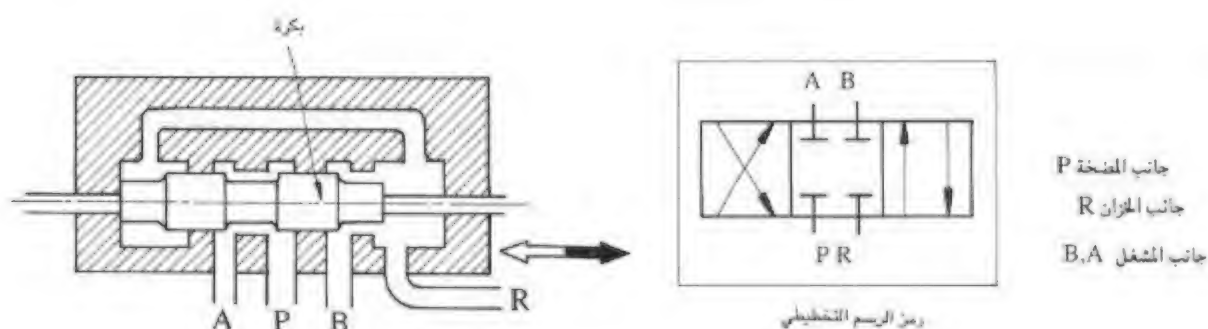
ويبين الشكل ٨-٢٧، الصمام الذي يسمح بانسياب الزيت في أحد الاتجاهات ومنعه من الانسياب في الاتجاه العكسي .



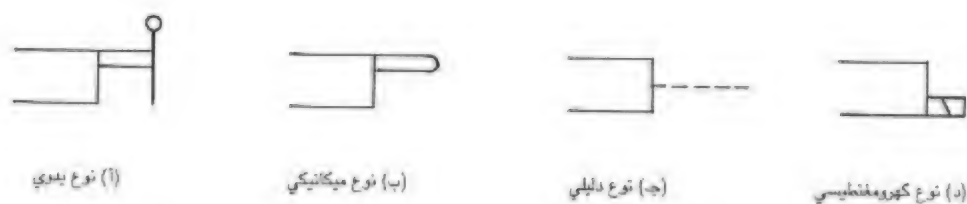
الشكل ٨ - ٢٧ صمام غير مُرْجِع Check Valve

ويبين الشكل ٨-٢٨، صمام تحويل ذا أربع بوابات وثلاثة أوضاع، ويسمى صمام ذا بكرة . وهذا الصمام له أربع بوابات (فتحات) تصل ما بين الصمام وخط المضخة الرئيسية، وثلاثة أوضاع لآليات صمامات لتغيير اتجاه الانسياب الذي يتم اختياره . ويبين الشكل ٨-٢٩ التشغيل لاختيار الاتجاه بتحريك البكرة في الاتجاه المحورى .

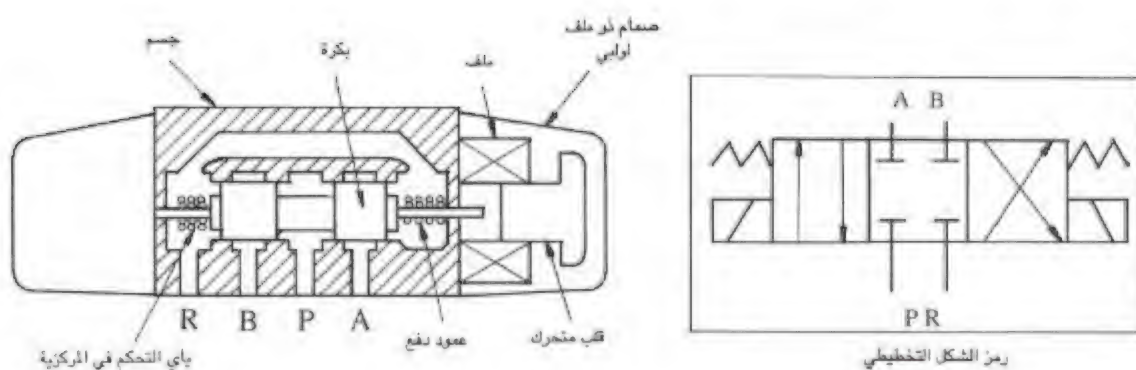
ويبين شكل ٨-٣٠ مثالا لصمام اختيار كهرومغناطيسي ذي أربعة بوابات، ويسمى صمام ذا ملف لولبي، ويستخدم بكثرة في الماكينات الأوتوماتيكية التي تستخدم أنظمة هيدروليكية .



الشكل ٢٨-٨ صمام تحويل نو أربع بوابات وثلاثة أوضاع



الشكل ٢٩-٨ عمل صمام تحويل الاتجاه



الشكل ٣٠-٨ صمام اختيار كهرومغناطيسي نو أربع بوابات

٨-٢-٣ بناء دائرة تتابع هيدروكهربائية

بشكل عام ، للتجميعية الهيدروكهربائية ، خصائص ممتازة . فتتفوق الكهرباء في معالجة ونقل الإشارة . ويتفوق الضغط الهيدروليكي في دقة الموضع ، وضبط السرعة وقوة تشغيل كبيرة . ولذلك ، فالكهرباء مناسبة في الأجزاء الخاصة بإعطاء الأوامر المناسبة والكشف والتحكم ، بينما يكون الضغط الهيدروليكي مناسباً في جزء التشغيل . وتستخدم خصائص هذا الدمج بكثرة في الآلات الصناعية وآلات التشغيل ، ويبين الشكل ٨-٣١ ، طريقة بناء دوائر تتابع هيدروكهربائية.

وفيما يلي : سندرس إنشاء دوائر وفقاً لأساليب البناء الخاصة بدائرة الاسطوانة الترددية أوتوماتيكياً.

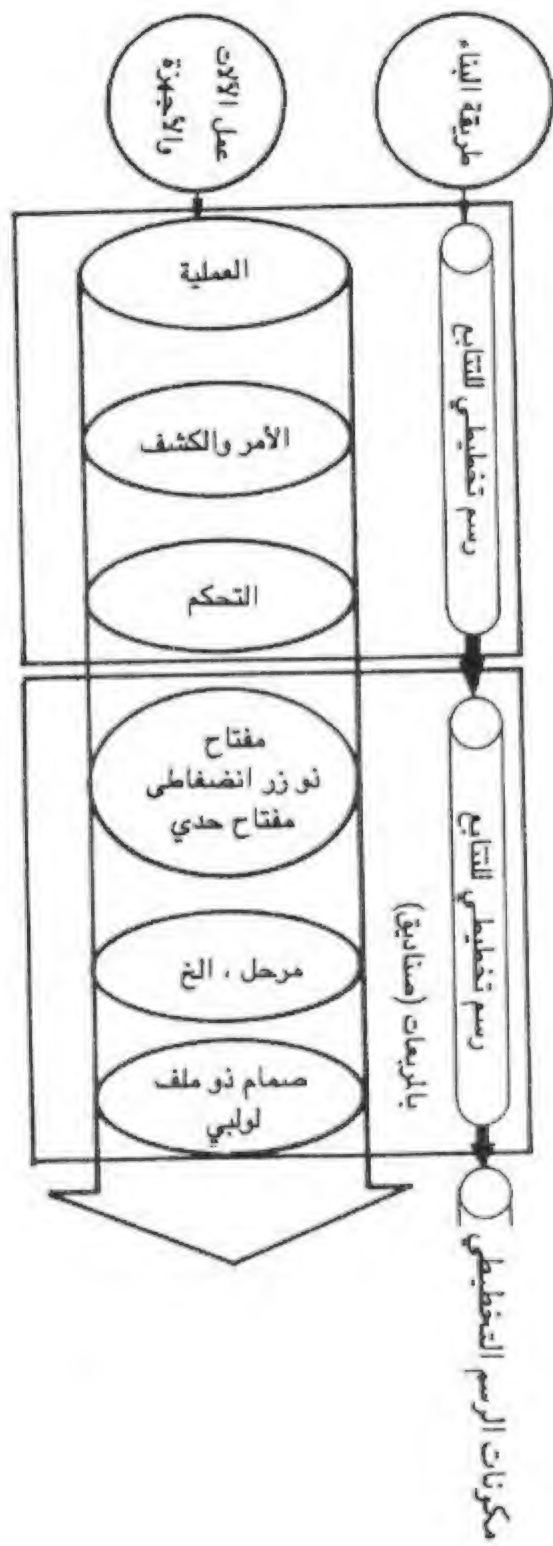
[١] دائرة اسطوانة (مكبس) أوتوماتيكياً

Automatic Cylinder Reciprocal Circuit

يتم بناء دائرة التتابع لمكبس يتردد أوتوماتيكياً في مشوار بين مفتاح حدي LS ، عند النهاية الأمامية للمكبس والحركة الخلفية لمكبس الدائرة الهيدروليكية ، كما هو مبين في الشكل ٨-٣٢ ، وفقاً للشكل ٨-٣١ .

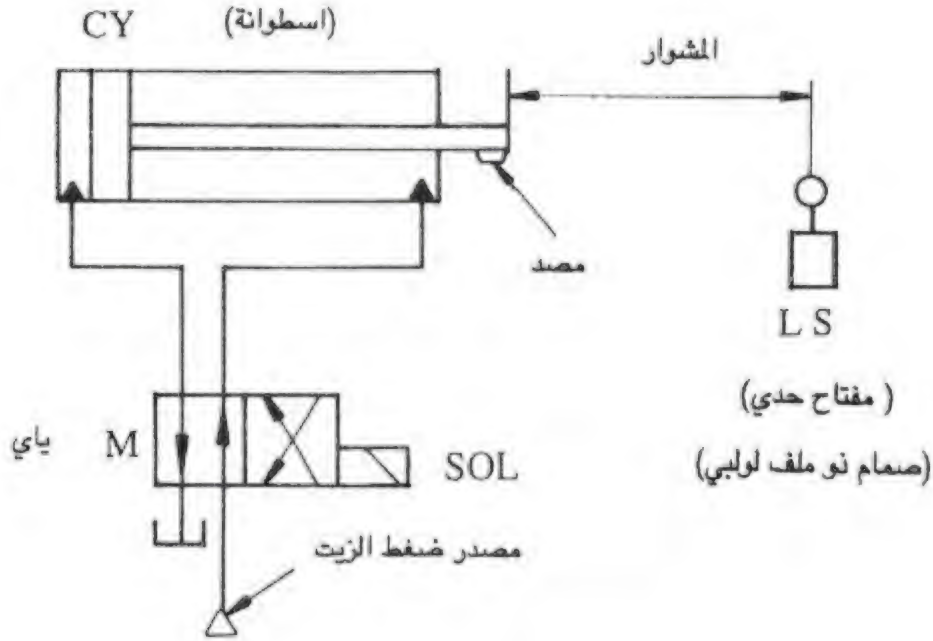
المرحلة I : إنشاء مخطط التتابع Creating Sequence Chart

يتم إنشاء مخطط التتابع المبين في الشكل ٨-٣٢ ، باستخدام الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية الموجودة في الشكل ٨-٣٢ .



الشكل ٨ - ٣١ طريقة بناء دوائر تتابع هيدروكهربائية

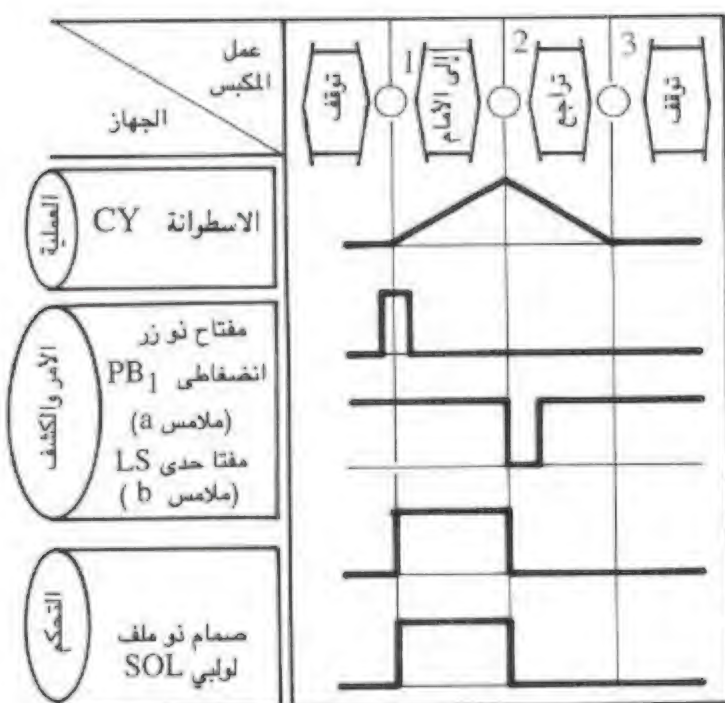
- ١- يتردد المكبس في مشوار بين المفتاح الحدي LS والمصد
- ٢- يعطى المفتاح ذوالزر الانضغاطي PB_1 أمراً ، فيتحرك المكبس للأمام ويكشف المفتاح الحدي LS نهايته الأمامية .
- ٣- يتحرك المكبس للأمام عند تيار الصمام ذو الملف اللولبي .



الشكل ٨ - ٣٢ دائرة هيدروليكية

في البداية ، يدوّن عمل المكبس في جزء التشغيل للاسطوانة . ثم ، ينفذ أمر تحرك المكبس للأمام عن طريق المفتاح الانضغاطي PB_1 ، ويقوم المفتاح الحدي LS بالكشف عن النهاية الأمامية للحركة. ويتم إدخال هذه الحالة في المخطط. ويكون جزء التحكم مرضياً عندما يثار الصمام ذو الملف اللولبي فقط في المشوار الذي يتحرك فيه المكبس للأمام ويجب أن يكون المرحلة R الذي يقوم بالتحكم ، محتجزاً ذاتياً أثناء هذه الفترة.

ويتدوين هذه الحالة ، يمكن إنشاء مخطط التتابع ، المبين في الشكل ٨-٣٣ .



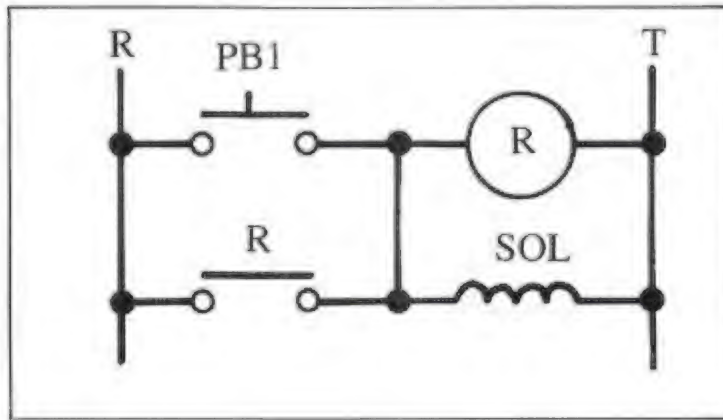
تبين الأجزاء المحددة الأعمال، وقد تم رسم خط المفتاح الانضغاطي كما لو كان واقفاً على خط رأسي وقد تم رسم خطوط المفاتيح الحدية كالآتي جزء البداية كما لو كان على خط رأسي، والجزء الأخير كما لو كان مرحلاً لليمين من الخط الرأسي. وقد تم رسم المرحل والصمام ذي الملف اللولبي على الخط الرأسي.

الشكل ٨-٣٣ مخطط التتابع

المرحلة II : إنشاء الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات

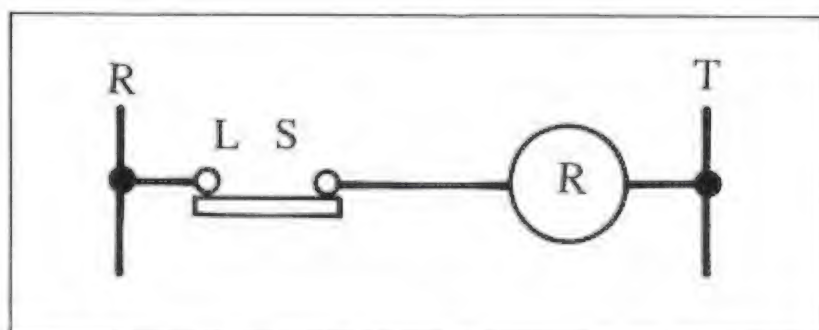
في المربعات (١) - (٢) ، دعنا نفكر فقط في الجزء الذي يرتفع عند الخط الرأسى (١) في مخطط التتابع المبين في الشكل ٨-٣٣.

عند الخط الرأسى (١) ، يبين الرسم البياني بدء عملية الضغط على المفتاح الانضغاطى PB_1 ، في الجزء «أمر - كشف» ، ويبين جزء التحكم عملية إثارة المرحل R والصمام ذي الملف اللولبى SOL . وبالضغط على المفتاح PB_1 ، يصبح المرحل R محتجراً ذاتياً، ويثار المرحل SOL ليحرك المكبس إلى الأمام . والشكل ٨-٣٤، هو الرسم التخطيطي للتتابع لهذه السلسلة من العمليات .



الشكل ٨-٣٤ الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات (١) - (٢)

وفي المربعات (٢) - (٣) ، وبالمثل عند على الخط الرأسي (٢) ، في الرسم التخطيطي ، يظهر بدء تشغيل المفتاح الحدي LS الخاص بجزء "أمر - كشف" ، كما يبين انتهاء عملية فك الاحتجاز الذاتي للمرحل R وإزالة تمغنط الصمام ذي الملف اللولبي SOL . وعند فك المرحل R - في جزء التحكم - من الاحتجاز الذاتي عن طريق LS ليعمل على إزالة تمغنط SOL ، تتحرك البكرة عن طريق قوة الاستعادة لليابى الموجود في الصمام لتغير الاتجاه الهيدروليكي ، بحيث يتحرك المكبس إلى الخلف أوتوماتيكياً . ويفك LS الاحتجاز الذاتي للمرحل R ويعمل على إزالة تمغنط SOL . والشكل ٨-٣٥ ، هو الرسم التخطيطي للتتابع لهذه العمليات .



الشكل ٨-٣٥ الرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات (٢) - (٣)

المرحلة III إنشاء رسم تخطيطي للتتابع

يمكن الحصول على الرسم التخطيطي المبين في الشكل ٨-٣٦ (أ) من تكوين الأشكال ٨-٣٤ ، ٨-٣٥. والشكل ٨-٣٦ (ب)، هو الرسم التخطيطي للتتابع، لفك الاحتجاز الذاتي للمرحل R، وإزالة تمغنط SOL وتحريك المكبس للخلف، وذلك بالضغط على PB_2 عند حدوث مشكلة أثناء التحرك للأمام .

[٢] دائرة ترددية أوتوماتيكية لعدة إسطوانات

تنشأ دائرة لتقوم بالتتابع بتحريك مكبس الاسطوانة cyA للأمام (+)، وتحريك مكبس الاسطوانة cyB للأمام (+) ، وتحريك مكبس الاسطوانة cyA للخلف (-) ، وتحريك مكبس الاسطوانة cyB للخلف (-)، وذلك في الدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧ .

المرحلة I إنشاء مخطط التتابع

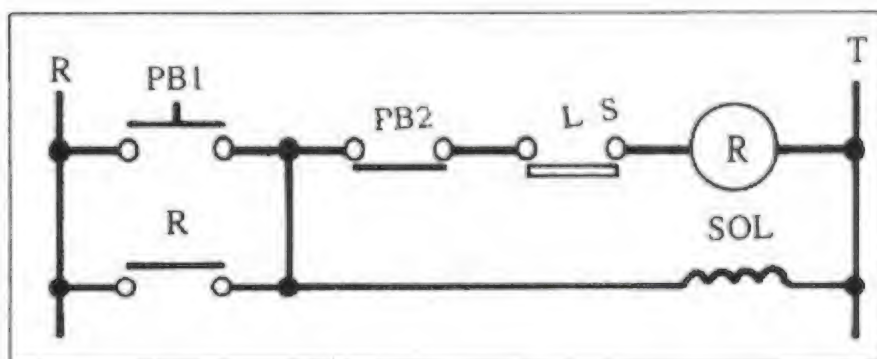
دعنا ننشئ مخطط التتابع للمعدة في الرسم التخطيطي للدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٧، (انظر I في الشكل ٨-٣٨) .

المرحلة II إنشاء رسم بياني للتتابع بالمربعات

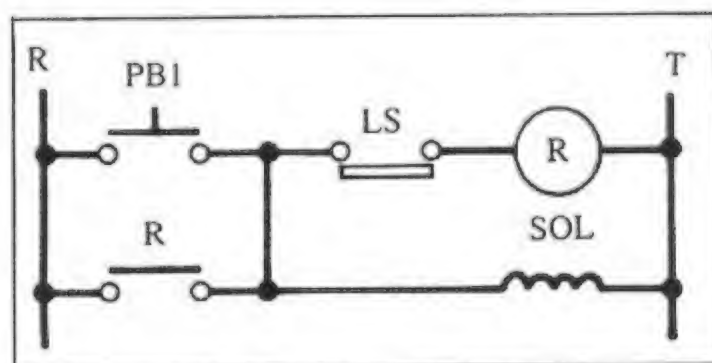
دعنا ننشئ مخططات التتابع لجميع المربعات ، (أنظر II في الشكل ٨-٣٨) .

المرحلة III إنشاء مخطط التتابع

كون كل رسم تخطيطي للتتابع بالمربعات . وبالضغط على المفتاح الانضغاطي PB ، يصبح المرحل R_1 محتجراً ذاتياً ، ويثار الصمام ذو الملف اللولبي SOL_1 ليحرك مكبس الاسطوانة cyA للأمام (المربعات (١)-(٢)).

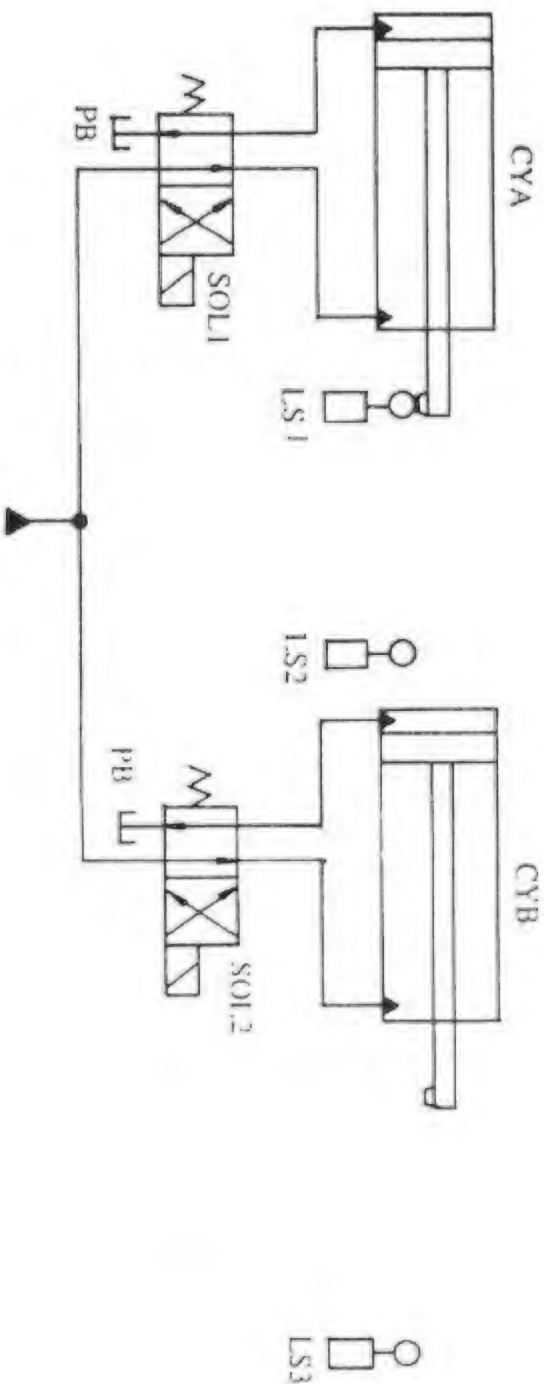


(أ)



(ب)

الشكل ٨-٢٦ الرسم التخطيطي للتتابع لاسطوانة ترددية أوتوماتيكيا



١- الاسطوانة CYA (الجزء العامل) تتردد بين LS_2 ، LS_1 وتتردد الاسطوانة CYB بين LS_3 والنهاية الخلفية للمكبس

٢- يعطى المفتاح نر الزر الانضغاطي PB أمراً لتحريك الاسطوانة CYB إلى الأمام ، ويكشف LS_2 من نهايتها الأمامية ، ويعطى LS_2 أمراً لتحريك الاسطوانة CYB إلى الأمام ، ويكشف LS_3 عن نهايتها الأمامية .

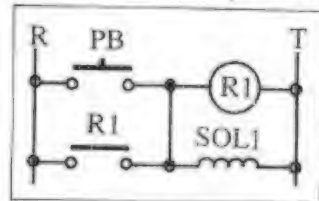
٣- عندما يعمل LS_3 تزال مغناطيسية الصمام ذي الملف اللولبي SOL_1 وتعود الاسطوانة CYB للخلف ، ويعمل LS_1 ثم تزال مغناطيسية SOL_2 ، فيعود مكبس الاسطوانة CYB للخلف .

الشكل ٨ - ٣٧ دائرة هيدروليكية (A+B+ A - B-)

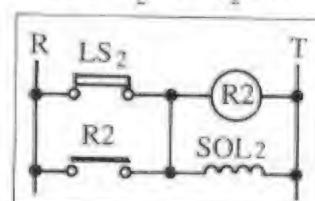
مخطط التتابع

العمل			1	2	3	4	5
العملية	اسطوانه	cyA					
		cyB					
الامر والكشف	مفتاح ذو زر انضغاطي	PB					
		a ملامس					
	مفتاح حدى	LS ₁ ملامس b					
		LS ₂ ملامس a					
التحكم	مرجل	LS ₃ ملامس b					
		R ₁					
	صمام ذو صمام ذو لولبي	R ₂					
		SOL ₁					
		SOL ₂					

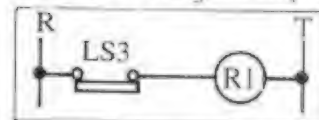
1 ---> 2 PB ---> R₁ ---> SOL₁



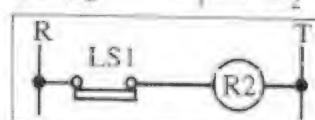
2 ---> 3 LS₂ ---> R₂ ---> SOL₂



3 ---> 4 LS₃ ---> R₁

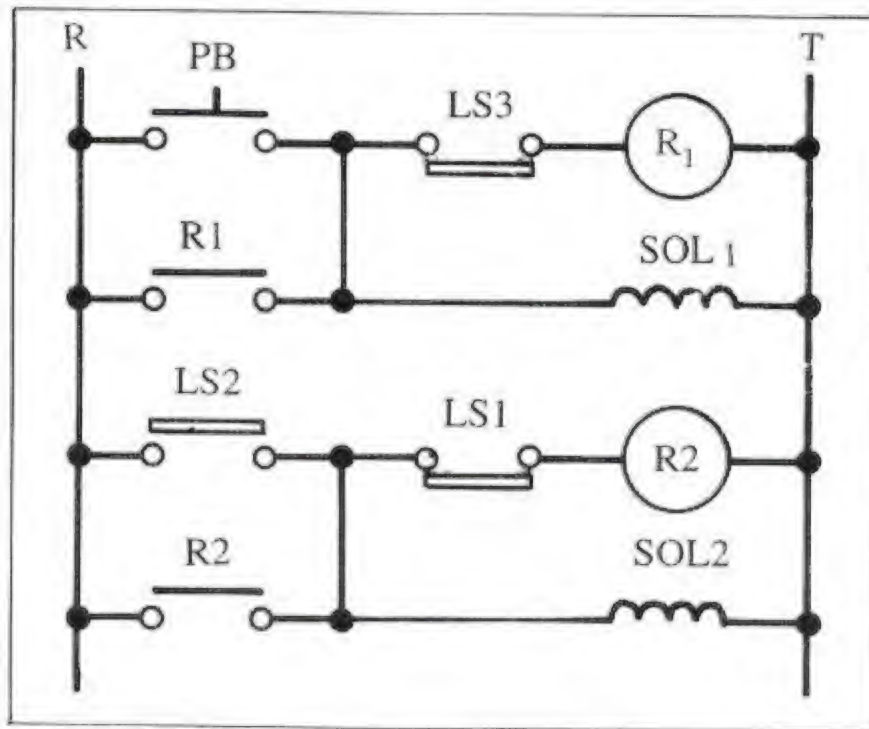


4 ---> 5 LS₁ ---> R₂



الشكل ٨-٣٨ مخطط التتابع والرسم التخطيطي للتتابع بالمربعات

ثم يعمل المفتاح الحدى LS_2 ليقوم بالاحتجاز الذاتي للمرحل R_2 ، ليثير الصمام SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة cyB للأمام (المربعات (٢) - (٣)) . ثم يفك LS_3 الاحتجاز الذاتي للمرحل R_1 ، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_1 أيضا ويحرك مكبس cyA للخلف (المربعات (٣) - (٤)) . وأخيرا يفك LS_1 الاحتجاز الذاتي للمرحل R_2 ، ويعمل على إزالة تمغنط SOL_2 ويحرك مكبس الاسطوانة cyB للخلف ليكمل العملية (المربعات (٤) - (٥)) .
يكتمل الشكل ٨-٣٩ ، عند التعبير عن سلسلة هذه العمليات في رسم تخطيطي للتتابع .



الشكل ٨-٣٩ الرسم التخطيطي للتتابع

وتتمثل طريقة إنشاء دوائر التتابع الكهربائية بالهواء المضغوط مع ما سبق من طرق

تمرين ٣

صمم دائرة مستمرة ترددية أوتوماتيكيا مستخدما مفتاح حدي LSo، بحيث يعمل عندما يتحرك المكبس للخلف في الدائرة الهيدروليكية المبينة في الشكل ٨-٣٢ .

٨-٢-٤ دائرة تتابع بالنيوماتية الكامله

Full Pneumatic Sequence Circuit

لضغط الهواء المضغوط الخصائص التالية بالمقارنة مع الضغط الهيدروليكي :

- (١) ذو سرعة تشغيل عالية بالرغم من أنه أقل في الخرج ، وذو دقة في التحكم في السرعة والموضع .
- (٢) أفضل في حالة تسرب السوائل إلى الخارج ، وخطر الحريق ، وتلوث البيئة والحدود المسموحة في درجة الحرارة المحيطة .
- (٣) الأجهزة والمعدات بسيطة ورخيصة ، والصيانة والإدارة سهلة .
- (٤) لا توجد حاجة لدوائر الرجوع ويمكن عمل تفريغ في الهواء الجوي في أى مكان .
- (٥) يستخدم نظام الهواء المضغوط بالكامل ، ويحتاج إلى مصدر طاقة واحد ويتفوق خصوصا في الأمان ضد الانفجار .

وتستخدم دوائر النيوماتيه بالكامل في التطبيقات، عندما لا يلزم تحديد مواضع دقيقة أو استخدام قوة كبيرة، أو في حالة الحاجة إلى سرعة عمل عالية، أو عندما يراد تجنب تسريب زيت. ويمكن إنشاء دوائر تتابع بالهواء المضغوط بالكامل «النيوماتي» بنفس الطرق مثل دوائر التتابع الهيدروكهربائية، المبينة في الشكل ٨-٣١. ويبين الجدول ٨-٥، أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل.

صمام بدء صمام دليلي ، الخ	أمر ، كشف
صمام رئيسي صمام إضافي ، الخ	تحكم

الجدول ٨ - ٥ أمثلة لمعدات الهواء المضغوط بالكامل (النيوماتيه)

دائرة ترددية أوتوماتيكية ذات عدة إسطوانات

أنشئ دائرة لمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك إلى الأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للأمام ، ولمكبس الاسطوانة cyA ليتحرك للخلف ولمكبس الاسطوانة cyB ليتحرك للخلف في دائرة التتابع بالهواء المضغوط بالكامل ، والمبينة في الشكل ٨-٤٠ . وبفرض أن علامة «+» وعلامة «-» هي للمكبس عند تحركه للأمام وللخلف ، إذن يمكن التعبير عن حركة الاسطوانة بالعلاقة $A+B+A-B-$ أي عن يمين الوضع الأصلي (+) وعن يساره (-) .

وعند توصيل الصمام الأساسي وخط الأنابيب الدليلية ، سنعتبر عن الجانب الأيسر والأيمن بـ «+» و «-» ،

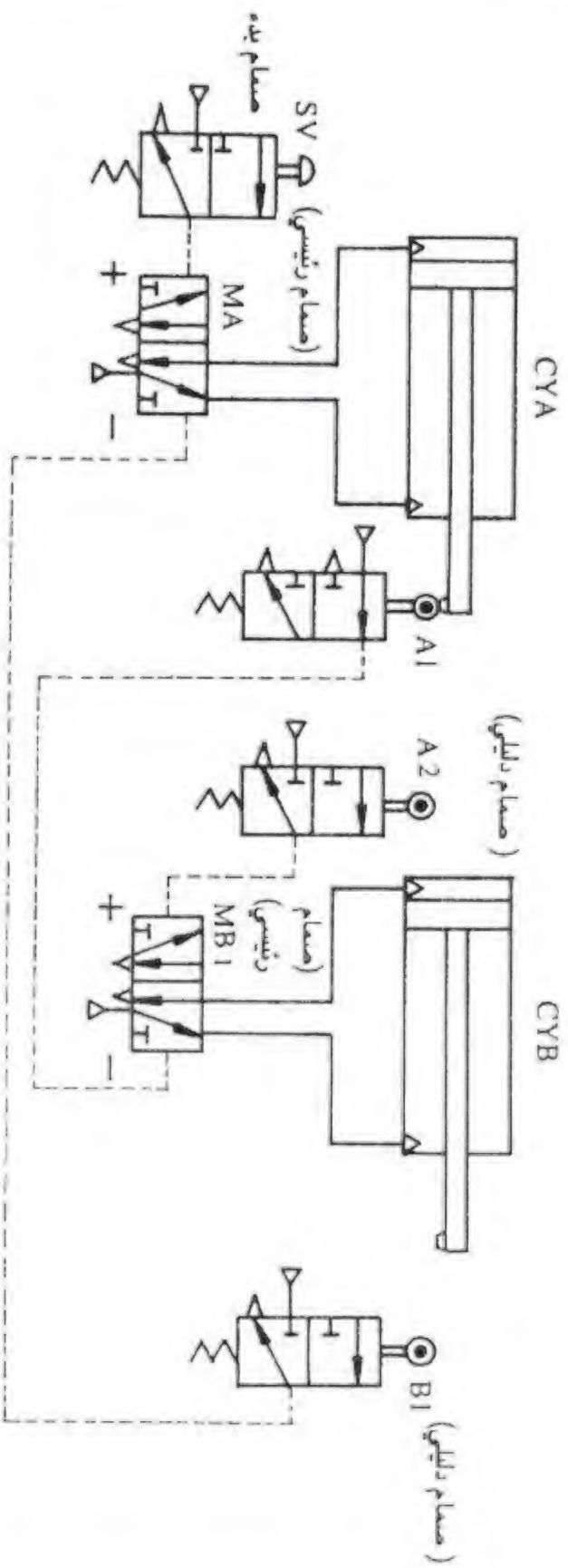
في البداية يتم إنشاء مخطط التتابع ، وبعد ذلك، يتم إنشاء رسم تخطيطي للتتابع بالصناديق ، ويتم الحصول على الأنابيب للصمامات الدليلية والرئيسية لاستكمال الدائرة . وتكمل دائرة التتابع الموجودة في الشكل ٨-٤٠، بإكمال توصيل الأنابيب من الصناديق (5)، (2)، (4)، (1) ، وتسمى خطوط الأنابيب التي توصل صمامات البدء والصمامات الدليلية مع الصمام الرئيسي بخطوط الأنابيب الدليلية، ويتم بيانها بخطوط منقطة.

تمرين ٤

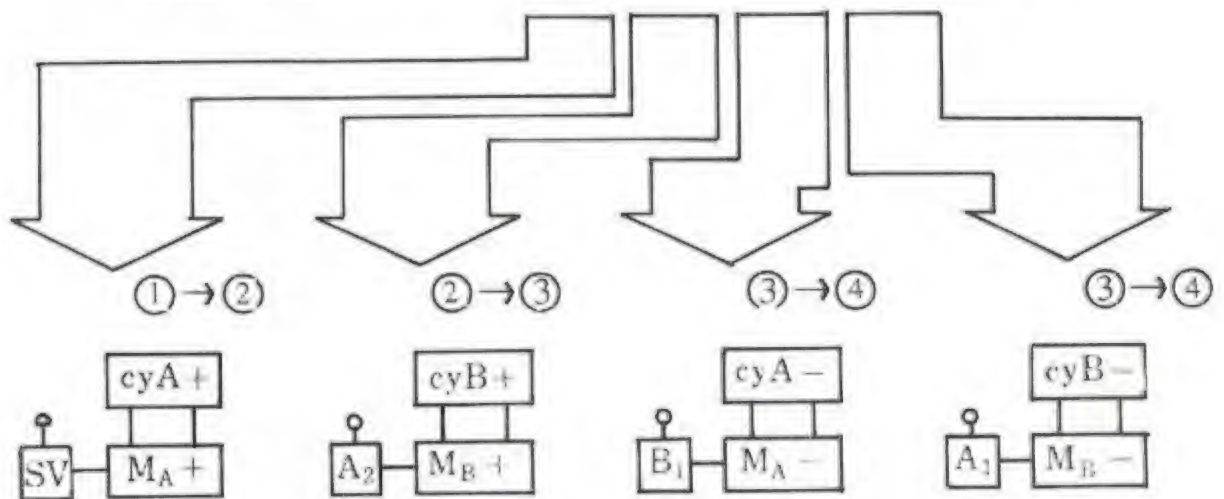
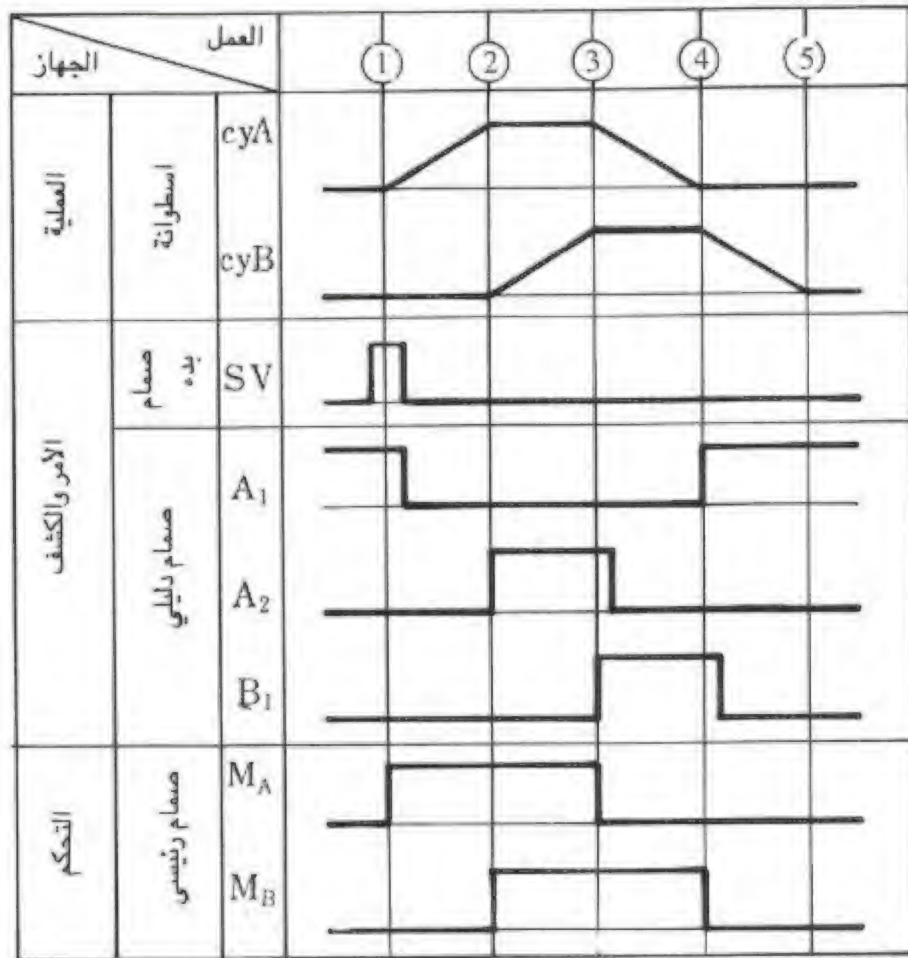
أنشئ دائرة تتابع نيوماتية بالكامل ($A+B+A-B-$) باستخدام الاسطوانات cyA ، cyB . ستحتاج إلى دائرة (AND) ، (ارجع إلى الفقرة ٤ - الجزء ٢ - الفصل العاشر) باستخدام صمام مساعد .

تمرين ٥

أنشئ دائرة تتابع ترددي أوتوماتيكي مستمر بالهواء المضغوط بالكامل ($A+B+A-B-$) باستخدام الاسطوانات cyA و cyB .



الشكل ٨ - ٤ دائرة تتابع بالهواء المضغوط (نيوماتي) بالكامل
 $(A + B + A - B -)$



الشكل ٨-٤١ مخطط التتابع والرسم التخطيطي للتتابع الصندوقي

تمريعات

١ - يمكن تقسيم الطرق المستخدمة في أنظمة التحكم المتتابع إلى الثلاثة أنواع التالية :

(أ) كهربائي (ب) هيدروليكي (ج) بالهواء المضغوط (نيوماتي)

اختر الخصائص المناظرة لهذه الأنظمة من الخصائص (١) إلى (٥) التالية :

(١) خطوط أنابيب معقدة .

(٢) ليست دقيقة جداً ، ولكن ينتشر استخدامها كنوع متوسط .

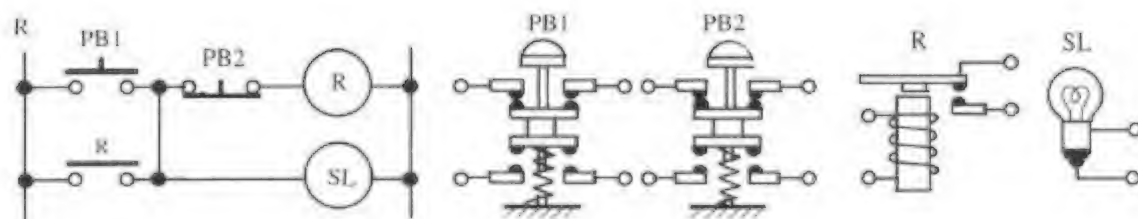
(٣) تولد قوة كبيرة .

(٤) تتفوق في معالجة الإشارات .

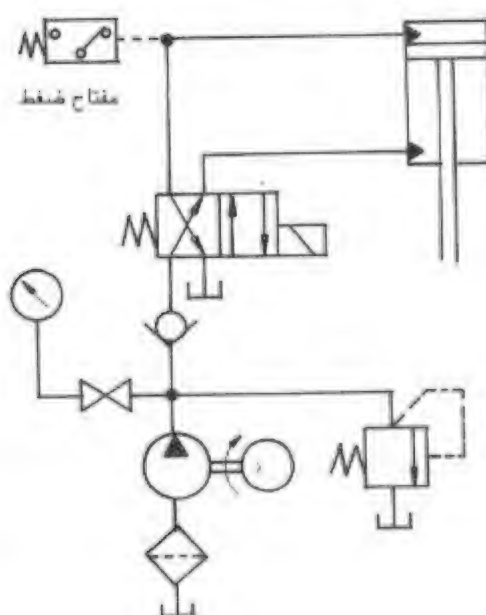
(٥) مناسبة للعمل عن بعد .

٢- صل الأجهزة بخطوط تبعاً لدائرة المرحل المبينة في الشكل ٨-٤٢ .

٣- يبين الشكل ٨-٤٣ ، الرسم التخطيطي لدائرة هيدروليكية ذات ضغط ١٠ طن قوة أنشئ رسماً تخطيطي للتتابع للتحكم في الدائرة الهيدروليكية.



الشكل ٨-٤٢



الشكل ٨-٤٣

هوامش

(١) النوع الآخر عبارة عن نوع التلامس المتبقى ، وهو يحتجز الحالة حتى بدء العملية التالية عند الضغط عليه .

الفصل التاسع

التحكم ذو التغذية المرتدة (الخلفية) FEEDBACK CONTROL

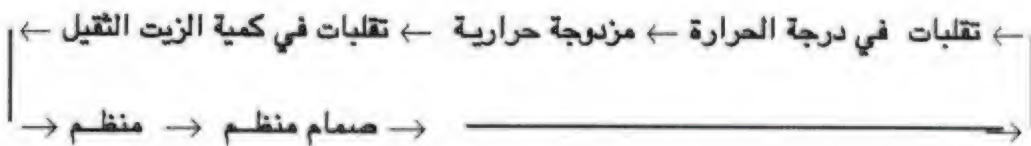
١-٩ نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

١-١-٩ إشارة نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

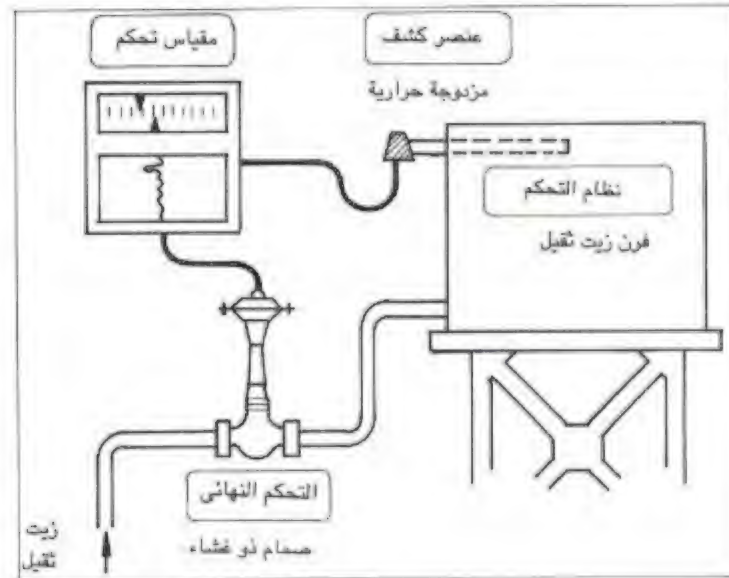
Signal of Feedback Control System

التحكم ذو التغذية المرتدة عبارة عن التحكم الذي يعيد قيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها إلى ناحية الدخل لمقارنتها مع القيم المستهدفة، ويقوم بعملية تصحيح لكي تصبحا متماثلتين، وفيه تعاد إشارة الخرج إلى ناحية الدخل للمقارنة مع إشارة الدخل ويتم الضبط ثانية ، نتيجة لذلك ، ويكون خط انتقال الإشارة حلقة واحدة، وعلى هذا ، يسمى مسار الإشارة الناتج دائرة مغلقة .

ويبين الشكل ١-٩، مثالا بسيطا للتحكم ذو التغذية المرتدة، وهو يستبدل إجراء المقارنات واتخاذ القرارات وأداء العمليات التي يقوم بها الإنسان كما في الشكل ٧-٤، بواسطة المنظم ، والصمام ذي الغشاء والأجزاء الأخرى . ويتم تنظيم درجة الحرارة في هذا النظام عن طريق خط انتقال إشارة مغلق كما يلي :



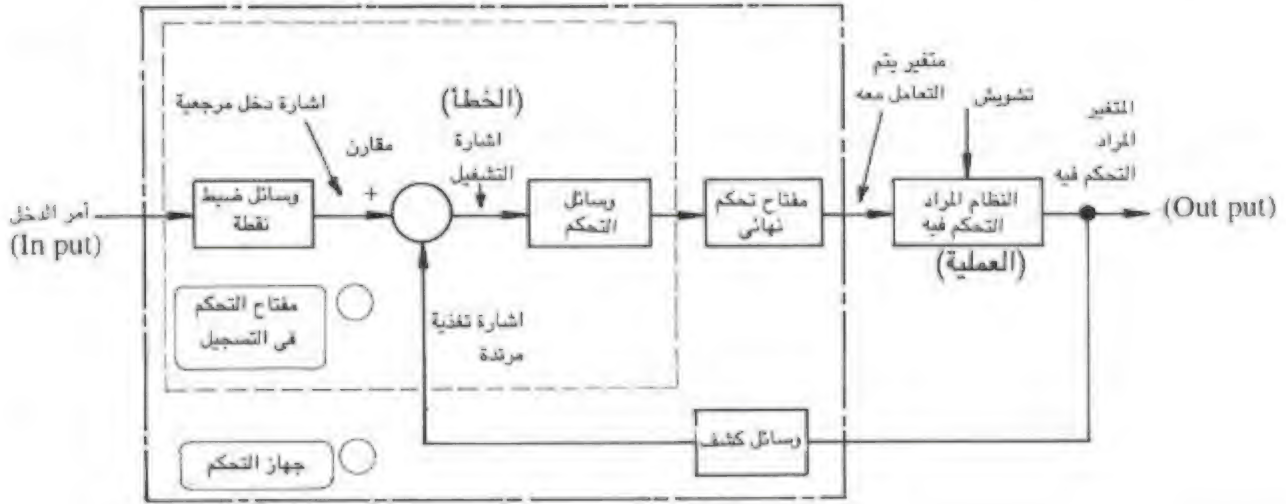
ترسل المزدوجة الحرارية تقلبات درجة حرارة فرن الزيت الثقيل الي مفتاح التحكم كمتغيرات في القدرة الدافعة الحرارية الكهربائية . ويتم ضبط قيمة تناظر درجة الحرارة المستهدفة مسبقا في مفتاح التحكم ، الذي يرسل اشارة الى الصمام ذو الغشاء كتعليمات بعد المقارنة مع القوة الدافعة الكهربائية التي ارسلتها المزدوجة الحرارية . ويقوم الصمام ذو الغشاء بعمله بدقة تبعا لإشارة التعليمات التي أرسلها مفتاح التحكم ، ويقوم بفتح أو قفل قرص الصمام .



الشكل ٩-١ التحكم الأتوماتيكي لفرن زيت ثقيل

٩-١-٢ شكل نظام التحكم ذو التغذية المرتدة

يبين الشكل ٩-٢، الرسم الصندوقي لشكل نظام تحكم عادي ذو التغذية المرتدة باستخدام مصطلحات التحكم الأتوماتيكي .



- (١) - مفتاح التحكم : يتكامل الضبط والمقارن وأجزاء التحكم في وحدة واحدة تسمى وحدة التحكم. ووحدة التحكم التي تجهز بمسجل بيان تسمى مفتاح التحكم .
- (٢) - نظام (جهاز) التحكم : وتتكون من تكامل ثلاثة أجزاء هي مفتاح التحكم (وحدة التحكم) وجزء التشغيل وكاشف في وحدة واحدة تسمى معدة التحكم . وإشارة التغذية المرتدة هي الإشارة التي تقارن القيمة التي يراد التحكم فيها والقيمة المستهدفة عند مخرج الكاشف . وإشارة الدخل المرجعية علاقة ثابتة مع القيمة المستهدفة ، وتطبق كمرجع للتحكم ، ويتم مقارنتها مع إشارة التغذية المرتدة أما إشارة تشغيل التحكم فيتم الحصول عليها بمقارنة إشارة الدخل المرجعية وإشارة التغذية المرتدة في جزء المقارن، وذلك لتشغيل أعمال التحكم. أما التشويش فهو التأثيرات الخارجية التي تدخل من الخارج على نظام التحكم لتشويش حالة التحكم.

الشكل ٩-٢ المخطط الصندوقي العام للتحكم نو التغذية المرتدة

في هذا النظام يحول جزء الضبط القيم المطلوب تحقيقها إلى إشارات (قيم مقاسة) مناسبة للمقارنة مع القيم المقاسة (إشارات تغذية مرتدة) من جزء الكشف وينقلها إلى جزء المقارن.

ويقوم جزء المقارن بمقارنة القيم المطلوب تحقيقها التي تم وضعها عن طريق جزء الضبط مع القيم المقاسة (إشارات التغذية المرتدة) من جزء الكشف ويقوم بالحصول على الفرق (الخطأ) .

ويعمل جزء المنظم كمركز للمنظم ، حيث يحدد عمل جزء التشغيل بناءً على إشارات التشغيل التي يستقبلها من الجزء المقارن ، ويرسل الإشارات إلى جزء التشغيل .

ويحول جزء التشغيل الإشارات التي يستقبلها من الجزء المنظم إلى كميات تشغيلية ويتفاعل مع الأنظمة التي يتم التحكم فيها .

والنظام الذي يتم التحكم فيه هو الغرض المطلوب التحكم فيه . فيستخرج جزء الكشف الإشارات اللازمة للتحكم من الأنظمة التي يتم التحكم فيها . ثم تعود الإشارات التي تم استخراجها إلى جزء المقارن كإشارات تغذية مرتدة.

تمرين ١

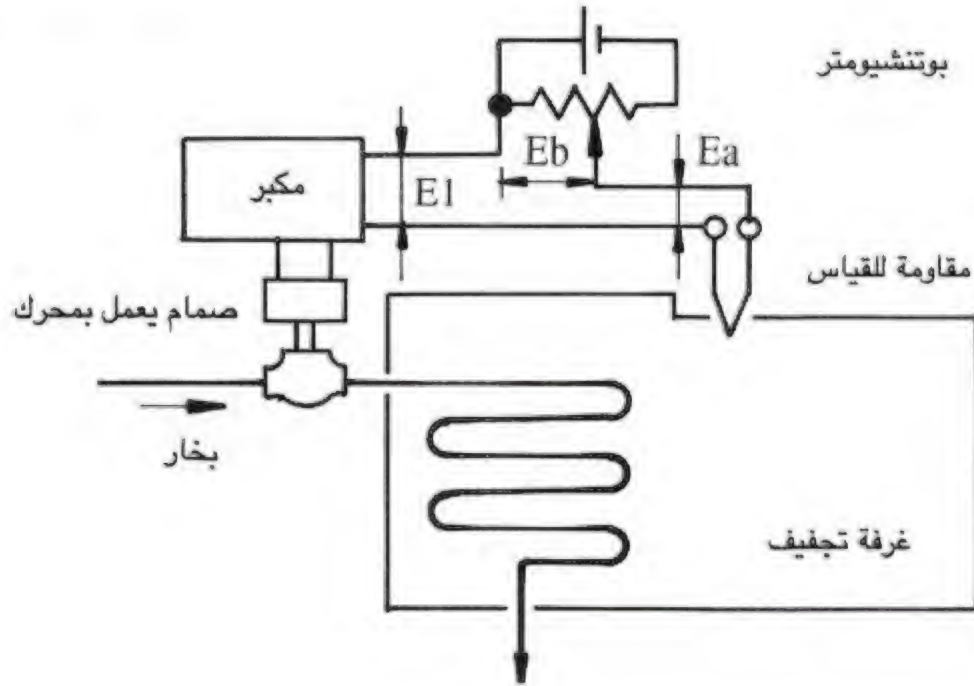
ارسم شكل نظام التحكم المبين في الشكل ٩-١ ، عن طريق الرسم التخطيطي الصندوقي.

تمرين ٢

اذكر أمثلة للاضطراب ، والتي يمكن أخذها في الاعتبار في نظام التحكم المبين في الشكل ٩-١ .

تمرين ٣

يبين الشكل ٩-٢ ، المعدات التي تحافظ على درجة حرارة غرفة تجفيف عند 30°C . ارسم الرسم التخطيطي الصندوقي لمكونات المعدات وبين كل جزء باستخدام مصطلحات التحكم الأوتوماتيكي .



الشكل ٩-٣ التحكم في درجة الحرارة لغرفة تجفيف

٩-١-٣ تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة

يمكن تصنيف التحكم ذو التغذية المرتدة كما يلي :

[١] التصنيف تبعاً لخاصية المتغير الذي يتم التحكم فيه

(أ) آلية موازنة (سرفو) Servo - mechanism

ينشأ التحكم الأوتوماتيكي لمتتبع أي تغيرات في القيمة المطلوبة، ويكون موقع الغرض واتجاهه ووضعه وعناصره الأخرى ، كمتغيرات يتم التحكم فيها ، كما في التحكم في المظهر الجانبي لآلات التشغيل والملاحة الأوتوماتيكية للسفن والطائرات .

(ب) التحكم في العملية Process Control

تعرف العملية بأنها المرحلة التي يتم فيها المعالجة الطبيعية والكيميائية للمواد الخام ، وكذلك تصنيع المنتجات المطلوبة كما في صناعة الصلب وتكرير الزيت . والتحكم في عملية ما ، هو التحكم عن طريق التغذية المرتدة لضبط كميات الحالة في هذه العملية ، مثل الضغط ، ودرجة الحرارة ، والانسحاب ، والكثافة و pH .

(ج) الضبط الأوتوماتيكي Automatic Adjustment

الضبط الأتوماتيكي عبارة عن تحكم ذو التغذية المرتدة ، يستخدم أساساً الكميات الكهربائية أو الميكانيكية كمتغيرات يتم التحكم فيها ، مثل السرعات ، وسرعة الدوران ، والشد ، والجهد ، والتيار .

[٢] التصنيف تبعاً لخصائص القيم المطلوبة

Classification by Properties of Target Values

(أ) التحكم في القيم الثابتة Fixed Value Control

وهو التحكم عندما لا تتغير القيم المطلوبة مع الزمن وتأخذ قيمة ثابتة.

(ب) التحكم في القيم المتغيرة Variable Value Control

وهو التحكم لمتابعة قيمة مطلوبة متغيرة عن طريق متغير يتم التحكم فيه ، ويمكن تصنيفه كما يلي :

(١) التحكم بالمتابعة Tracking Control :

وهو التحكم لمتابعة قيمة مستهدفة تتغير بثبات مع متغير يتم التحكم فيه مثل توجيه طائرة بواسطة رادار .

(٢) التحكم في البرنامج Program Control:

وفيه يتم ضبط التغير في القيم المستهدفة مسبقاً كما في التحكم في برنامج درجة الحرارة لفرن معالجة حرارية.

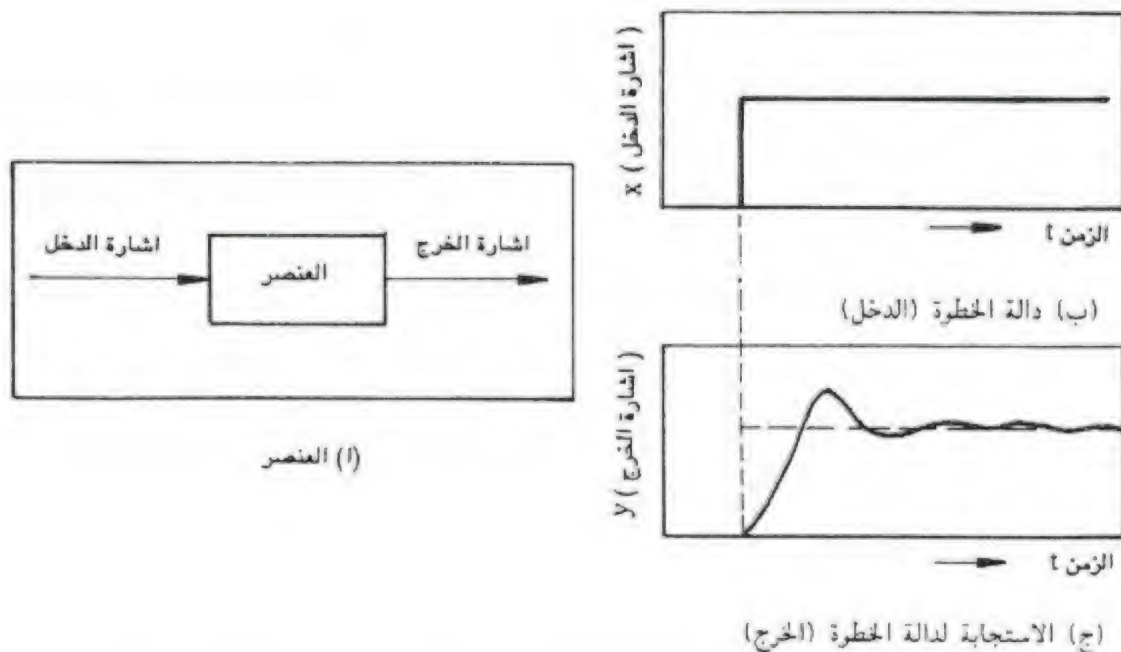
(٣) التحكم في النسبة Ratio Control :

وفيه يتم المحافظة على علاقة ذات نسبة معينة بين أكثر من كميتين ، وكمثال لذلك ، التحكم في نسبة الانسياب لتغذية فرن بالهواء والوقود .

٩-٢ عناصر التحكم والاستجابة Control Elements and Responses

٩-٢-١ الاستجابة لدالة الخطوة Step Response

يتكون نظام التحكم الأتوماتيكي من دمج عناصر ذات خصائص مختلفة. وينبغي دراسة خصائص كل عنصر لمعرفة حالة التحكم لنظام التحكم الأتوماتيكي بالكامل . ففي العنصر المبين في الشكل ٩-٤ (أ)، يكون الدخل مساوياً للصفر حتى زمن معين ، وتؤخذ قيمة ثابتة لحظياً من هذا الزمن كما في الشكل (ب) ، (ج) . ويسمى هذا الدخل ، الدخل دالة الخطوة . ويسمى خرج العنصر في حالة دخل دالة الخطوة بالاستجابة لدالة الخطوة (استجابة أسية) .

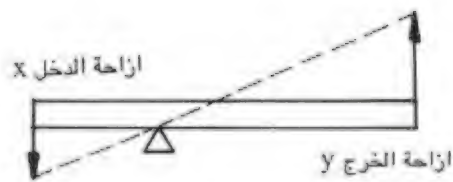


الشكل ٩-٤ الاستجابة لدالة الخطوة

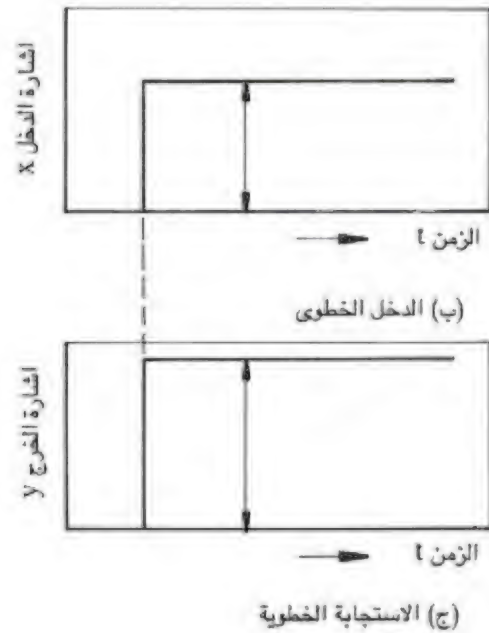
٩-٢-٢ العنصر التناسبي (خطي) Proportional Element

يسمى العنصر الذي ينتج إشارة خرج تتناسب مع إشارة الدخل ، كما في الشكل ٩-٥ ، بالعنصر التناسبي . وتبين الأشكال (ب) ، (ج) الدخل ذا الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة . وإذا كان الدخل هو X والخرج هو Y ، تكون العلاقة بين X ، Y كما يلي :

$$y = kx \quad (9-1) \quad (\text{علاقة خطية}) \quad (k = \text{ثابت})$$



(أ) ذراع

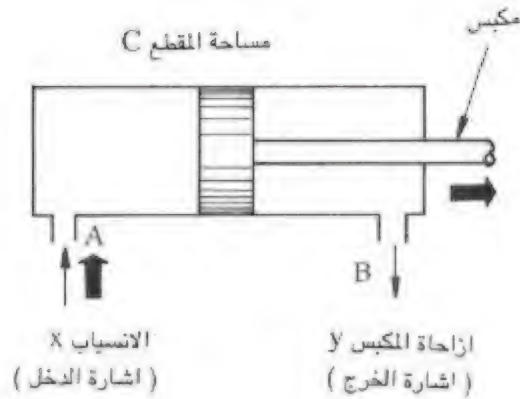


الشكل ٩-٥ العلاقة بين الدخل والخرج لعنصر تناسبي

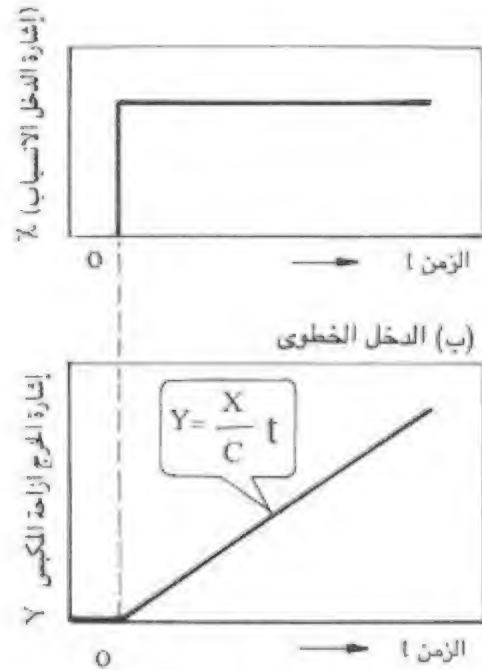
ومن أمثلة العناصر التناسبية سلسلة مسننات ومضخم .

٩-٢-٣ العنصر المكامل Integral Element

يتحرك المكبس ناحية اليمين عند انسياب المائع في الاسطوانة خلال A، كما في الشكل ٩-٦ (أ). فتتواجد العلاقة التالية، إذا كان الدخل هو الانسياب X (م^٣/ث) لمائع ذي ضغط ثابت، ويكون الخرج هو إزاحة المكبس Y (م)، في زمن t (ثانية)، ومساحة مقطع الاسطوانة C (م^٢). .



(أ) العلاقة بين الانسياب وإزاحة المكبس



(ج) الاستجابة لدالة الخطوة (الخرج)

الشكل ٩-٦ العنصر المكامل

وتبين الأشكال (ب)، (ج)، الدخل ذا الخطوة والاستجابة ذات الخطوة، ويعرف العنصر الذي تتناسب إشارة خرجه مع القيمة التي يتم الحصول عليها عن طريق تكامل إشارة الدخل بالنسبة للزمن بالعنصر المكامل، وكمثال للعنصر المتكامل: صب ماءً بانسياب ثابت في خزان ذي مساحة مقطع ثابتة.

تمرين ٤

ما هي مساحة مقطع الاسطوانة المبينة في الشكل ٩-٦ (أ) ، التي
تغير إزاحة المكبس إلى 10 سم في 5 ثانية ، عندما يكون الانسياب
30 مليلتر/ثانية .

(الإجابة : 15 سم^٢)

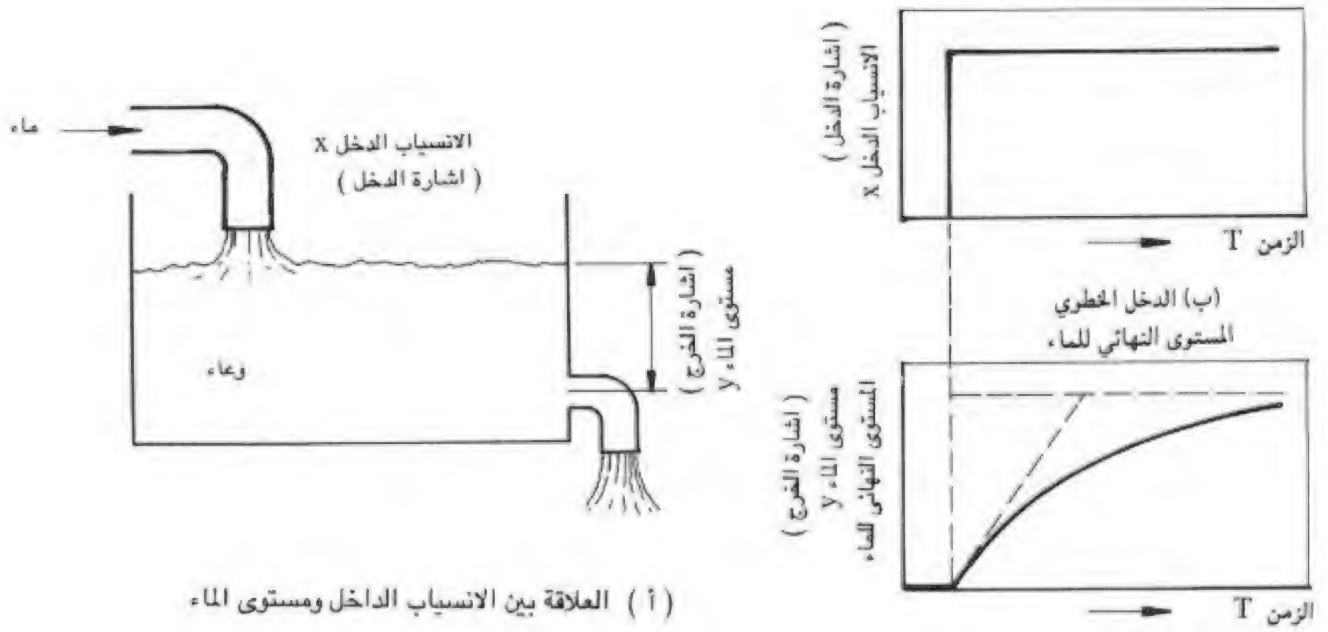
٩-٢-٤ عنصر التأخر من المرتبة الأولى First Order Lag Element

يرتفع مستوى الماء في خزان ، ينساب من قاعه الماء ، كما في الشكل ٩-٧ (أ) ، عندما
ينساب إليه ماء بسرعة انسياب ثابتة إذا كانت سرعة الانسياب في الدخول أكبر منها في
الخروج ، ويزيد معدل الانسياب في الخروج إذا زاد مستوى الماء ، وتتعاذل معدلات
الانسياب في الدخول والخروج ، بحيث يتزن مستوى المياه عند موضع ثابت .

وبفرض أن معدل الانسياب الداخل هو إشارة دخل ، وأن مستوى الماء هو إشارة
خرج ، سيكون للدخل ذي الخطوة والاستجابة لذات الخطوة علاقة ، كما في الأشكال (ب) ،
(ج) .

والعنصر الذي تصبح إستجابته لدالة الخطوة على شكل منحنى دالة أُسية ، كما في
الشكل (ج) ، يسمى عنصر له تأخر من المرتبة الأولى .

ويبين هذا المنحنى أن الخرج يصبح ذا قيمة ثابتة بالنسبة للدخل ذي الخطوة بعد
مرور زمن ، ثم يحافظ بعد ذلك على الموازنة (حالة الإستقرار) .



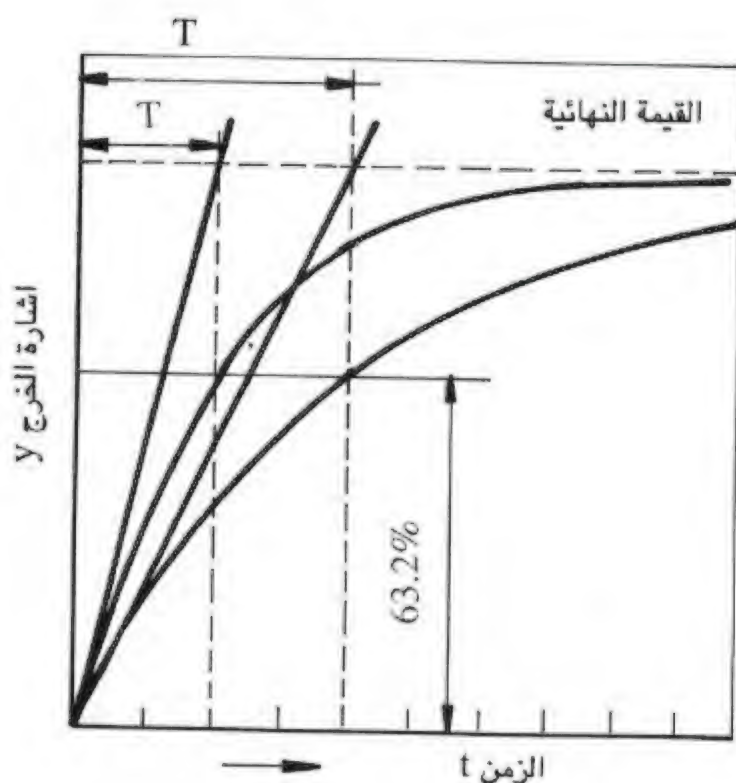
(أ) العلاقة بين الانسياب الداخل ومستوى الماء

(ج) الاستجابة الخطوية

إذا لم يزد معدل الانسياب للخارج ، حتى في حالة ارتفاع مستوى الماء ، يمكن توضيح التغيرات في مستوى الماء بالخط المنقط المائل في الشكل (ج) ، وهذا الخط المنقط هو المماس عند نقطة الارتفاع لهذا المنحنى ، وهو يبين أن سرعة الاستجابة تكون أبطأ كلما كانت مساحة مقطع الخزان أكبر .

الشكل ٩ - ٧ عنصر تخلف من المرتبة الأولى

ويبين الشكل ٨-٩ ، خصائص عنصر التخلف من المرتبة الأولى ، معبراً عنها بالزمن T ، وذلك بين زمن نقطة الارتفاع وتقاطع مماس نقطة ارتفاع الاستجابة لدالة الخطوة مع الخط المستقيم الذي يبين القيم النهائية . ويسمى T الثابت الزمني . ويتطابق الثابت الزمني T مع الزمن التي تصل عنده قيمة الخرج إلى 63.2% من القيم النهائية . ومن أمثلة عنصر التخلف من المرتبة الأولى : تغيرات الضغط الداخلى لخزان ضغط بصمام خانق، وجهد شحن المكثف .



الشكل ٨-٩ الثابت الزمني لعنصر تخلف من المرتبة الأولى

تمرين ٥

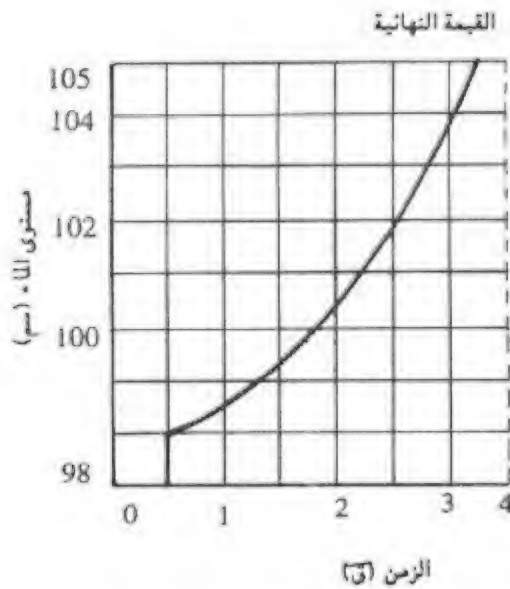
يبين الشكل ٩-٩، منحنى استجابة لدالة الخطوة لعنصر تخلف من المرتبة الأولى . احسب الثابت الزمني لعنصر التخلف من المرتبة الأولى من هذا الشكل .

(الإجابة : 1.75 ق)

تمرين ٦

تم اختبار استجابة لدالة الخطوة ، عن طريق عنصر تخلف من المرتبة الأولى ذي ثابت زمني يساوي 5 ثانية . وكان التغير في قيمة الخرج في 5 ثواني هو 15 سم . فما هي التغيرات في القيمة النهائية للخرج ؟

(الإجابة : 23.7 سم)



الشكل ٩-٩ منحنى استجابة لدالة الخطوة

٥-٢-٩ العنصر المفاضل Differential Element

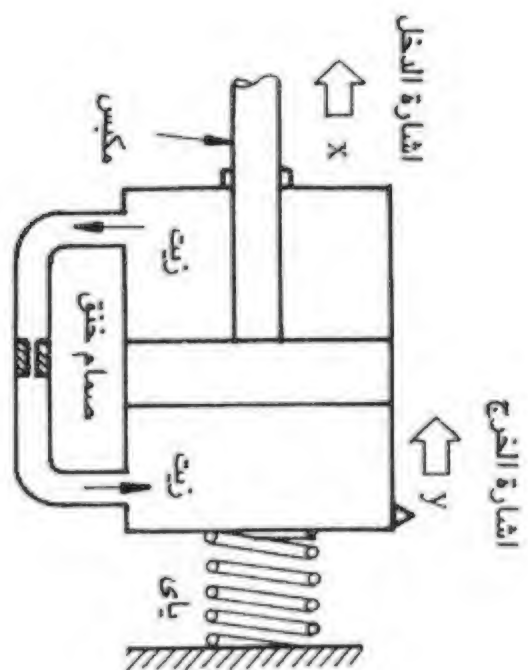
تسمى الاسطوانة المبينة في الشكل ٩-١٠ (أ) ، والمملوءة بزيت له درجة لزوجة عالية على جانبي مكبس ، حيث يتصل هذان الجانبان بأنبوبة ، بنبيطة توهين . وبالضبط المناسب للصمام الخانق المركب على الأنبوبة وتحريك عمود المكبس ، تتحرك الاسطوانة مع المكبس نتيجة اللزوجة العالية للزيت وعدم قدرة الزيت على المرور في الأنبوبة . غير أنه ، بعد توقف المكبس عن الحركة ، ينساب الزيت بالتدريج خلال الأنبوبة مع مرور الزمن وتعود الاسطوانة المثبتة ببطء إلى وضعها الأصلي عن طريق ياي . وتبين الأشكال (ب) ، (ج) ، الدخول لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة عندما تستخدم إزاحة المكبس ، كدخول ، وإزاحة الاسطوانة ، كخرج . وأما العنصر الذي له إشارة خرج تتناسب مع القيمة التي يتم الحصول عليها عن طريق تفاضل إشارة الدخول بالنسبة للزمن - كما في هذه الحالة - فيسمى العنصر المفاضل .

تمرين ٧

وضح كيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند فتح صمام الخانق للجهاز المبين في الشكل ٩-١٠ (أ) ، قليلاً ؟ وكيف تتغير الاستجابة لدالة الخطوة عند تغير الزيت إلى نوع ذي لزوجة منخفضة

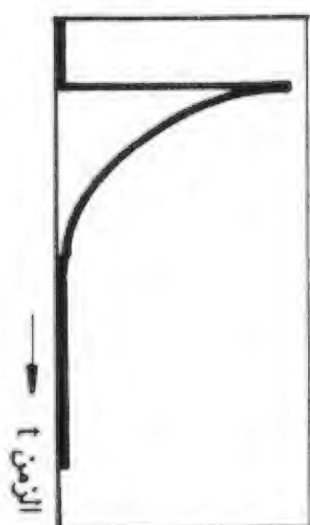
٦-٢-٩ عنصر ذو زمن خمود Dead Time Element

ينساب ماء من أنبوبة في خزان كما في الشكل ٩-١١ (أ) ، حيث المسافة بين الصمام ومخرج الأنبوبة تساوي (م) . وعليه ، فإننا نحتاج إلى زمن معين قبل انسياب الماء في الخزان بعد فتح الصمام . وبفرض أن فتحة الصمام هي الدخول وانسياب الماء عند مخرج الأنبوبة هو الخرج ، يصبح الدخول لدالة الخطوة والاستجابة لدالة الخطوة كما في الأشكال (ب) ، (ج) . ويسمى العنصر الذي له إعاقة زمنية ثابتة بين إشارة الدخول وإشارة الخرج ، كما في هذه الحالة ، عنصر ذو زمن الخمود . ويسمى وقت الإعاقة بـ زمن الخمود . ويظهر زمن الخمود نتيجة دمج عناصر مختلفة بعدة طرق في نظام التحكم الأوتوماتيكي .



(أ) العلاقة بين ازاحة المكبس وازاحة الاسطوانة في نبضة التوهين

(اشارة المخرج)
ازاحة الاسطوانة y



(ج) الاستجابة لدالة الخطوة

(اشارة الدخل)
ازاحة المكبس x



(ب) دالة الخطوة (الدخل)

الشكل ٩ - ١٠ العنصر المفاضل

تمرين ٨

ارسم رسماً تخطيطياً للاستجابة لدالة الخطوة عندما يستخدم فتح الصمام كدخل ، ومستوى الماء في المستودع كخرج في الجهاز المبين في الشكل ٩-١١ (أ) .

تمرين ٩

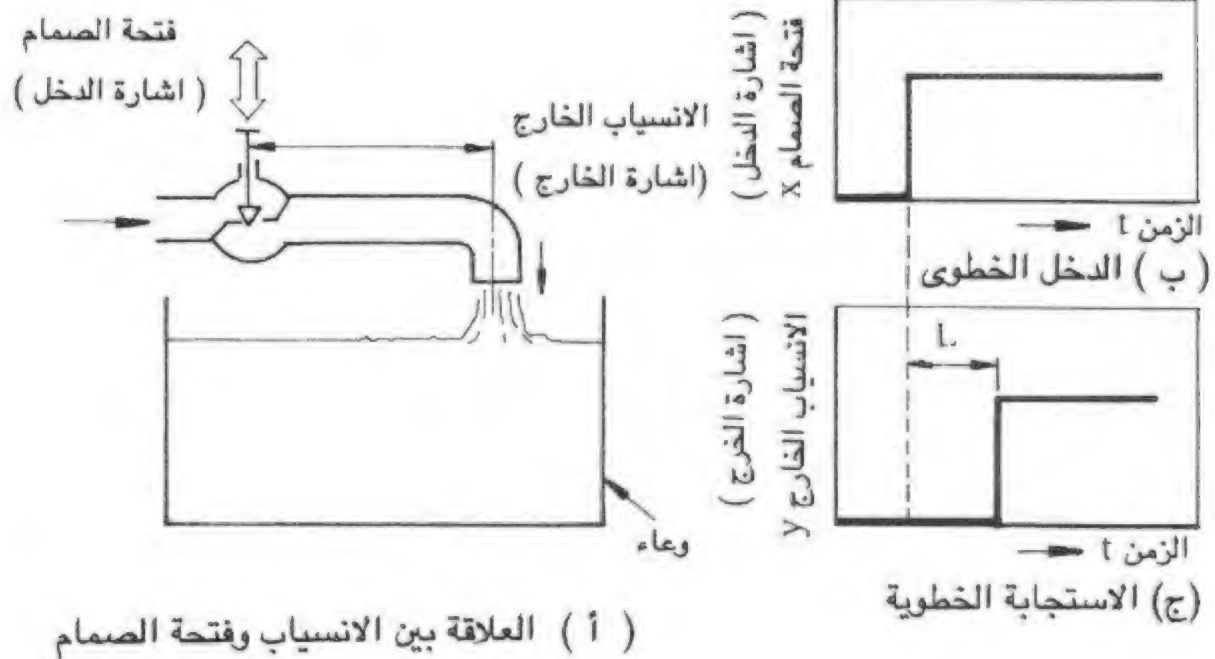
كم ثانية تكون قيمة زمن الخمود في الجهاز المبين في الشكل ٩-١١ (أ)، إذا كان $\checkmark = 1$ م ، ومساحة مقطع الأنبوبة هي 10 سم² والانسباب داخل الأنبوبة هو 250 سم³/ث؟

(الإجابة: 4 ث)

٩ - ٣ مكونات نظام التحكم وعملية التحكم

٩-٣-١ جزء الكشف Detecting Part

تقوم معدات التحكم بالتحكم في النظام المراد التحكم فيه بطريقة مناسبة ، وتتكون من جزء الكشف ومفتاح التحكم، وجزء التشغيل . ويعطي جزء الكشف الإشارات اللازمة للتحكم من النظام الذي يراد التحكم فيه . أما المتغيرات المراد التحكم فيها، والتي يتم الكشف عنها فتشمل درجة الحرارة ، والانسباب ، والضغط ، ومستوى السائل ، والإزاحة، والزاوية . ويجب اختيار الأساسيات والطرق التي تناسب أغراض الكشف. كما يجب تحويل نتائج الكشف إلى إشارات مناسبة عندما يتم نقلها إلى مفتاح التحكم أو الأجزاء الأخرى .



الشكل ٩-١١ عنصر ذو زمن خمود

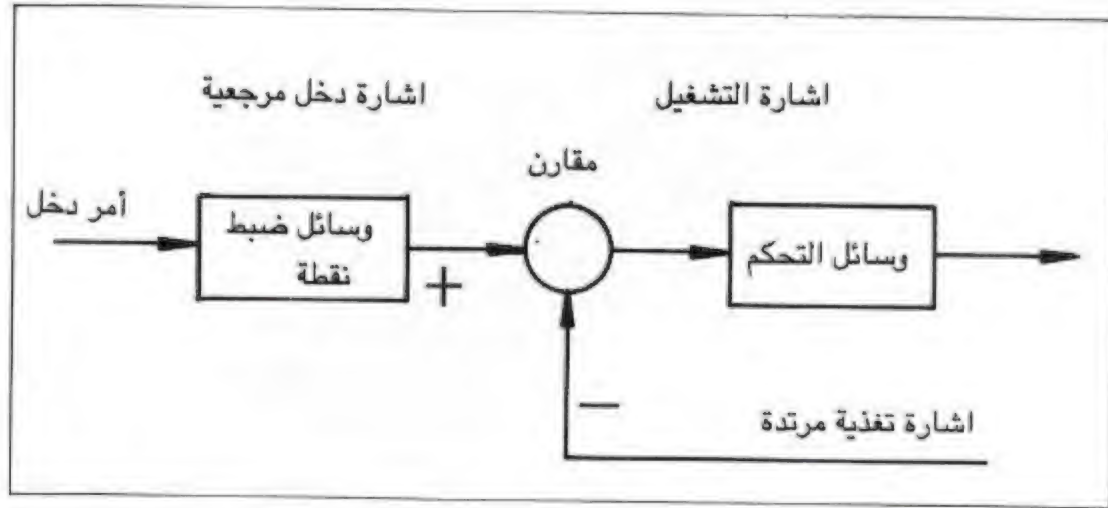
وتتحول إشارات الكشف من الكاشف إلى كميات طبيعية مثل الجهد، والتيار ، والضغط، ويتم تغييرها ثانية عند إرسالها إلى العنصر التالي ، وذلك لتوحيد حجم ونوع الإشارة . ويبين الجدول ٩-١ ، المتغيرات المختلفة التي يراد التحكم فيها ، وكذلك أنواع ومبادئ أجهزة الكشف الأساسية التي تناسبها .

٢-٣-٩ وحدة التحكم (المتحكم) Controller

وكما يظهر في التكوين العام للتحكم بالتغذية المرتدة في الشكل ٩-٢، يتكامل مفتاح وحدة التحكم مع أجزاء الضبط والمقارنة والتحكم، وهو ذو مسجل مبدئي، ويبين الشكل ٩-١٢، جزء وحدة التحكم فقط داخل خطوط منقطة. وعلى سبيل المثال، عند التحكم اليدوي في صمام ما، يعمل مخ الإنسان كجزء التحكم، ويعطي أوامر إلى اليد (جزء التشغيل) توضح كيفية تشغيل ذراع الصمام. وحرية الاختيار هي أحد أعمال التحكم لجزء وحدة التحكم، وتشمل القيام بعمل وصل/فصل (العمل ذو وضعين)، والعمل P (عمل متناسب)، والعمل PI (عمل متناسب ومكامل)، والعمل PID (عمل متناسب ومكامل ومفاضل).

القيمة التي يتم التحكم فيها	الأنواع	المبادئ	المتغير الذي يتم التحكم فيه	الأنواع	المبادئ
درجة الحرارة	الترموتر الكهروحراري	الظاهرة الكهروحرارية	المنسوب	مقياس منسوب نوع العوامة	الطفو
	ترموتر بمقاومة	التغير في المقاومة الكهربائية يتأثر بتغير درجة الحرارة		مقياس منسوب بالضغط	ضغط عمود السائل
	ترموتر ذو ثنائي معدني	إزدياد الحرارة		مقياس منسوب بالضغط الفرقي	ضغط عمود السائل
	بيرومتر الإشعاع الحراري	إشعاع أشعة تحت الحمراء من مادة تنتج حرارة شديدة		مقياس منسوب بالإشعاع	إرسال وامتصاص الإشعاع
	ترموتر الضغط	تغير في دفع مادة في وعاء		مقياس منسوب فوق الصوتي	زمن الإنعكاس فوق الصوتي
معدل التدفق	مقياس تدفق بالضغط الفرقي	الضغط الفرقي قبل وبعد الفتحة	الإزاحة	فوهة - ارجوحة	علاقة الضغط ومقاومة التدفق الخارجي في الهواء
	مقياس تدفق كهرومغناطيسي	سرعة سائل متدفق وجهد ناتج في مجال مغناطيسي		ماسورة منفث	معدل التدفق من ماسورة منفث وفتحة الدخول
	مقياس التدفق على أساس تغيير المساحة	نسبة السائل المتدفق والضغط		صمام رئيسي	الإزاحة والتدفق في المكبس
	مقياس تدفق بإزاحة موجبة	عدد دورات العضو الدوار في مكثف ثابت		مقاومة متغيرة	التغير في موضع ملامس متحرك لمقاومة متغيرة
				محول فرقي	وضع القلب في المحول
الضغط	مقياس ضغط نوع انبوية بوردون	إزاحة جسم مرن يتأثر بالضغط	قيمة زاوية	انبوب ضوئي	تغير فيض الإضاءة بإزاحة غطاء
	مقياس ضغط نوع الغشاء			مقياس التشوه ذو سلك مقاومة	تغير مقاومة سلك عن طريق التشوه
	مقياس بمنفاخ			مقاومة منزلقة	تغير الجهد في المقاومة

الجدول ٩ - ١ أنواع وأساسيات أجهزة الكشف



الشكل ٩-١٢ وحدة التحكم

* وعلى سبيل المثال ، إذا كان عمل التحكم لجزء وحدة التحكم جيداً ، يمكن أن يقوم الإنسان بتشغيل اليد باستقرار (بتوازن) دون الوقوع من الدراجة . وإذا كان عمل وحدة التحكم غير جيد ، يصبح نظام التحكم الأوتوماتيكي غير مستقر، حيث تصبح اليد غير ثابتة ، عندما يركب رجل دراجة لأول مرة. ويمكن لجزء مفتاح التحكم تحسين خصائص عمل النظام المراد التحكم فيه .

تنقسم انواع وحدة مفتاح التحكم إلى وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي) ووحدة التحكم الهيدروليكي والكهربائي، وتجميعات منهم تبعاً لنوع الطاقة المستخدمة في عمل التحكم .

ويبين الشكل ٩-١٣ المنظر الخارجي لوحدة تحكم بضغط الهواء .



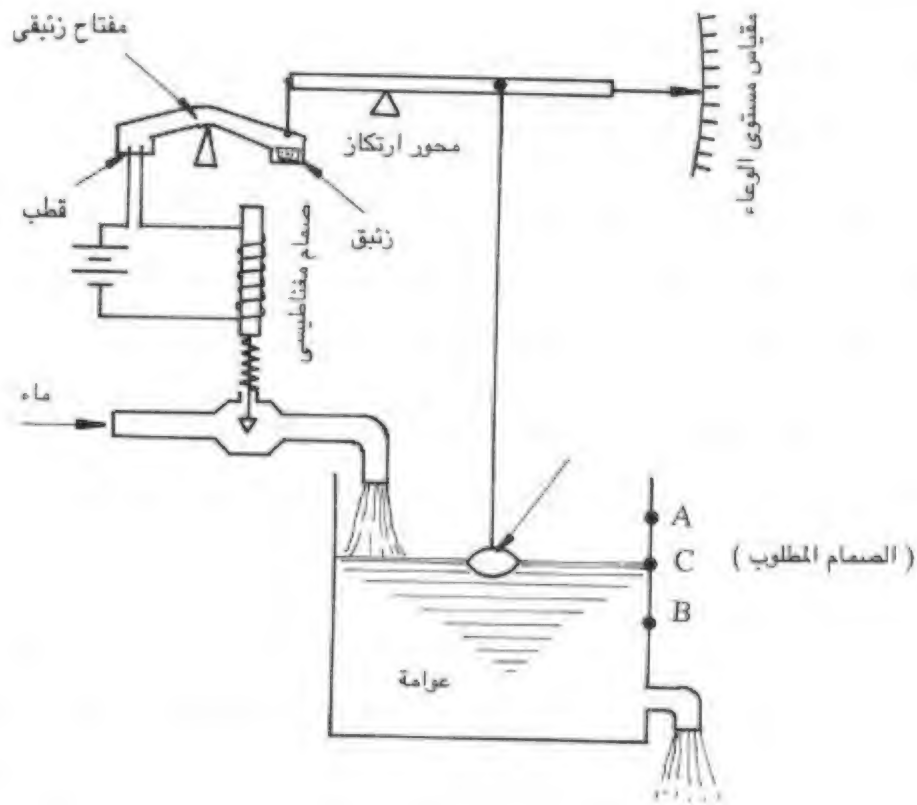
الشكل ٩-١٢ وحدة تحكم بضغط الهواء (نيوماتي)

[١] عمل وصل / فصل (العمل ذو وضعين)

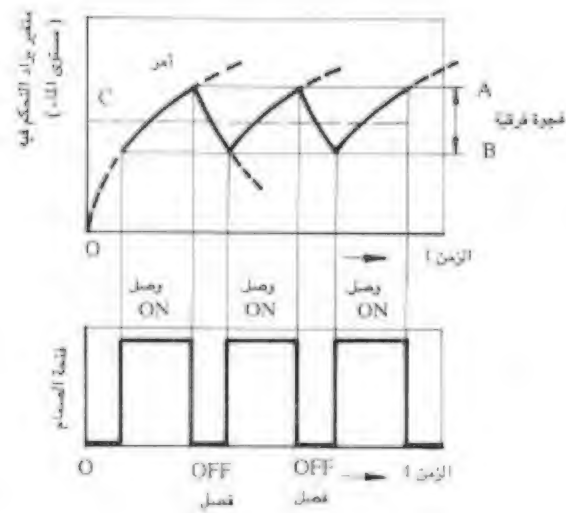
On - off Action (Two-position Action)

في التحكم في مستوى الماء، المبين في الشكل ٩-١٤ ، تنخفض العوامة وترتفع الحافة اليمنى لمفتاح الزئبق لتفتح الصمام ذا الملف اللولبي عندما ينخفض مستوى الماء إلى b ، فيضبط الوضع C لمستوى الماء كقيمة مستهدفة

وبالعكس يقفل الصمام ذو الملف اللولبي ، عندما يرتفع مستوى الماء إلى a وتسمى المسافة بين a , b بالفتحة الفرقية . والنظام المراد التحكم فيه هنا عبارة عن عنصر تخلف من المرتبة الأولى ، ويمكن رسم منحنى الاستجابة ذات الخطوة، كما في الشكل ٩-١٥ .



الشكل ٩ - ١٤ التحكم في مستوى الماء بعمل وصل/فصل



الشكل ٩-١٥ عمل وصل/فصل دوري

ويعرف عمل المتغير الذي يتم التعامل معه، مع الأخذ في الاعتبار قيمتين من العمل وصل / فصل ، تم تحديدهما مسبقاً، عندما ينحرف المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى سائل) عن القيمة المستهدفة ، بالعمل وصل/ فصل (عمل ذو وضعين). ويتسبب نظام التحكم عن طريق العمل وصل/ فصل في إحداث تذبذبات (تذبذبات رأسية) حول القيمة المستهدفة . ولذلك ، لا يكون هذا مناسباً إذا كان الثابت الزمني لنظام التحكم صغيراً (ميل منحنى مستوى الماء في الشكل ٩-١٥، كبير). غير أن له تركيباً بسيطاً ، وهو منخفض التكاليف ، ويسبب مشاكل قليلة . ولهذه الأسباب ، يستخدم بكثرة .

تمرين ١٠

اذكر أمثلة للتحكم وصل / فصل حولك .

تمرين ١١

ما هي أجزاء نظام التحكم الأوتوماتيكي للمعدة المبينة في الشكل ٩-١٤، والتي يجب تغييرها؟ وكيف تقلل الفتحة الفرقية (التفاضلية) للمعدة؟ .

تمرين ١٢

خزان يرتفع مستوى الماء فيه بمعدل 2 سم/ق ، عندما يكون المفتاح في وضع «وصل» ، وينخفض بمعدل 1 سم/ق عندما يكون المفتاح في وضع «فصل» عند مستوى ماء بالقرب من 300 سم . تم التحكم في الخزان بعمل وصل/ فصل عند قيمة 300 سم، ومسافة فرقية 15 سم .

احسب الزمن والفترة التي يكون فيها المفتاح في وضع وصل .
(الإجابة: 7.5 ق ، 22.5 ق)

[٢] العمل P (العمل المتناسب) P Action (Proportional Action)

هو العمل الذي يقوم بتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بحجم يتناسب مع الانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه (مثل مستوى السائل) وبين القيمة المستهدفة. ويمكن هنا تلاشي عيوب التذبذب في العمل وصل/فصل.

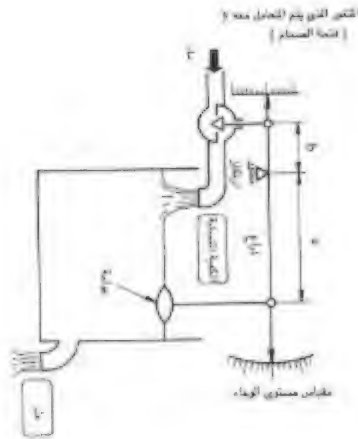
ويبين الشكل ٩-١٦، التحكم في مستوى الماء بواسطة العمل P. ويتم التحكم في مستوى الماء حتى ينطبق مع القيمة المستهدفة، وذلك بتغيير فتحة الصمام بما يتناسب مع التغير في مستوى الماء ليغير الانسياب.

وبفرض أن الانحراف (إشارة عمل التحكم)، هو Z ، وأن المتغير الذي يتم التعامل معه هو y ، تكون العلاقة بينهما كما في المعادلة (9-3). ويسمى k_p كسب التناسب، وهو يبين شدة العمل P.

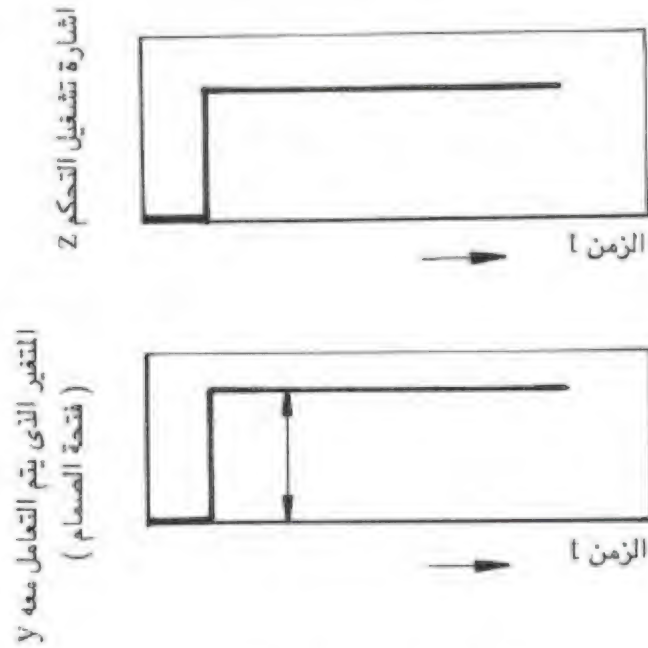
$$y = k_p z$$

(9-3)

يبين الشكل ٩-١٧، العلاقة بين إشارة عمل التحكم التي تشبه الخطوة والمتغير الذي يتم التعامل معه في حالة العمل P.



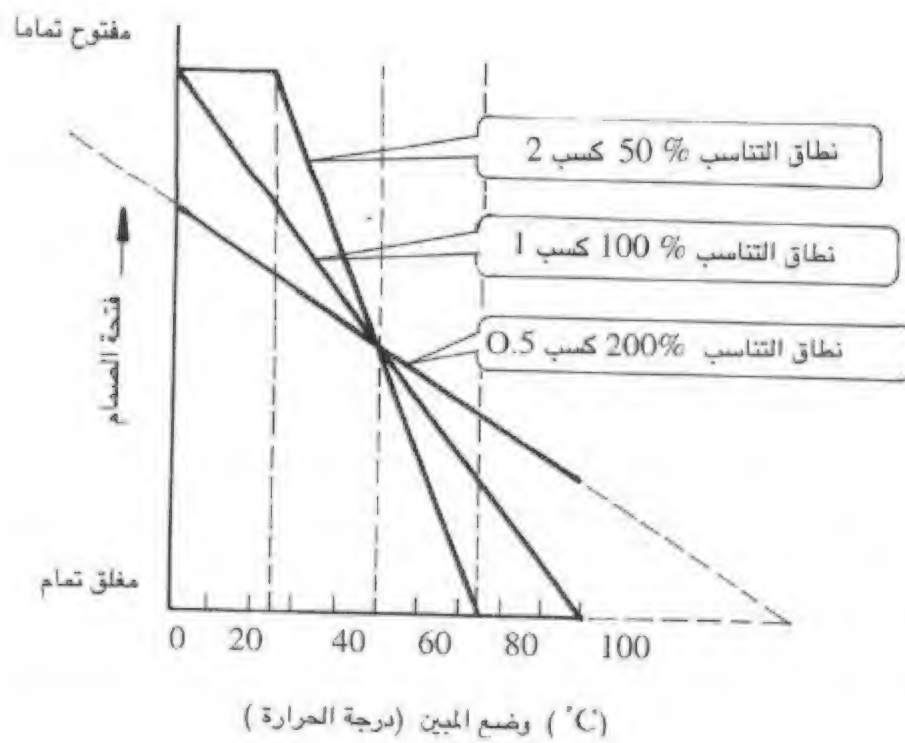
الشكل ٩-١٦ التحكم في مستوى الماء عن طريق العمل P



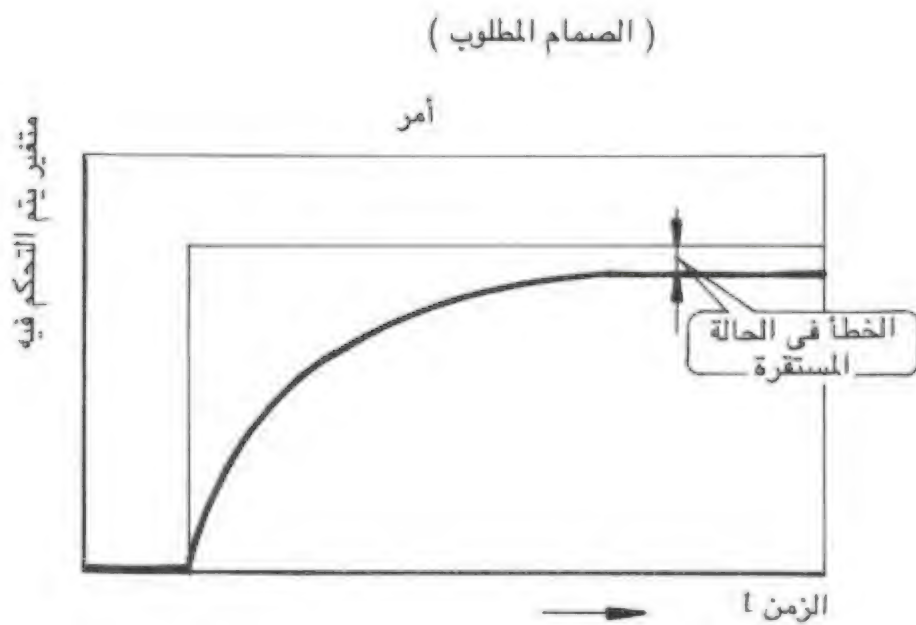
الشكل ٩-١٧ العمل P

وبزيادة النسبة b/a للذراع في الشكل ٩-١٦ ، تزداد فتحة الصمام بالتناسب مع تغير مستوى الماء . وينظر كسب التناسب هذه النسبة للذراع . ويمكن الحصول على متغير كبير يتم التعامل معه (فتحة الصمام) حتى ولو كان الانحراف صغيراً (إشارة عمل التحكم) إذا كان كسب التناسب كبيراً .

* تستخدم مفاتيح التحكم نطاق التناسب بشكل أكثر من كسب التناسب. ويبين نطاق التناسب النسبة المئوية لمدى القياس الكلي لمفاتيح التحكم التي يحتاجها حجم الانحراف لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه (فتحة الصمام) من قفله تماماً إلى فتحه تماماً . وعلى سبيل المثال ، يكون نطاق التناسب لمفتاح التحكم ذي مدى قياس 100 °م كما في الشكل ٩-١٨ ، هو 50% ، إذا أصبح الصمام مفتوحاً تماماً عند 25 °م ومقفولاً تماماً عند 75 °م بعد ضبطه ، عندما تكون القيمة المستهدفة مضبوطة على 50 °م . وبشكل عام ، فإن مفاتيح التحكم الموجودة في السوق يمكن أن تُضبط بين نسبة مئوية صغيرة وحتى ~ 200 ~ 500% .



الشكل ٩-١٨ نطاق التناسب

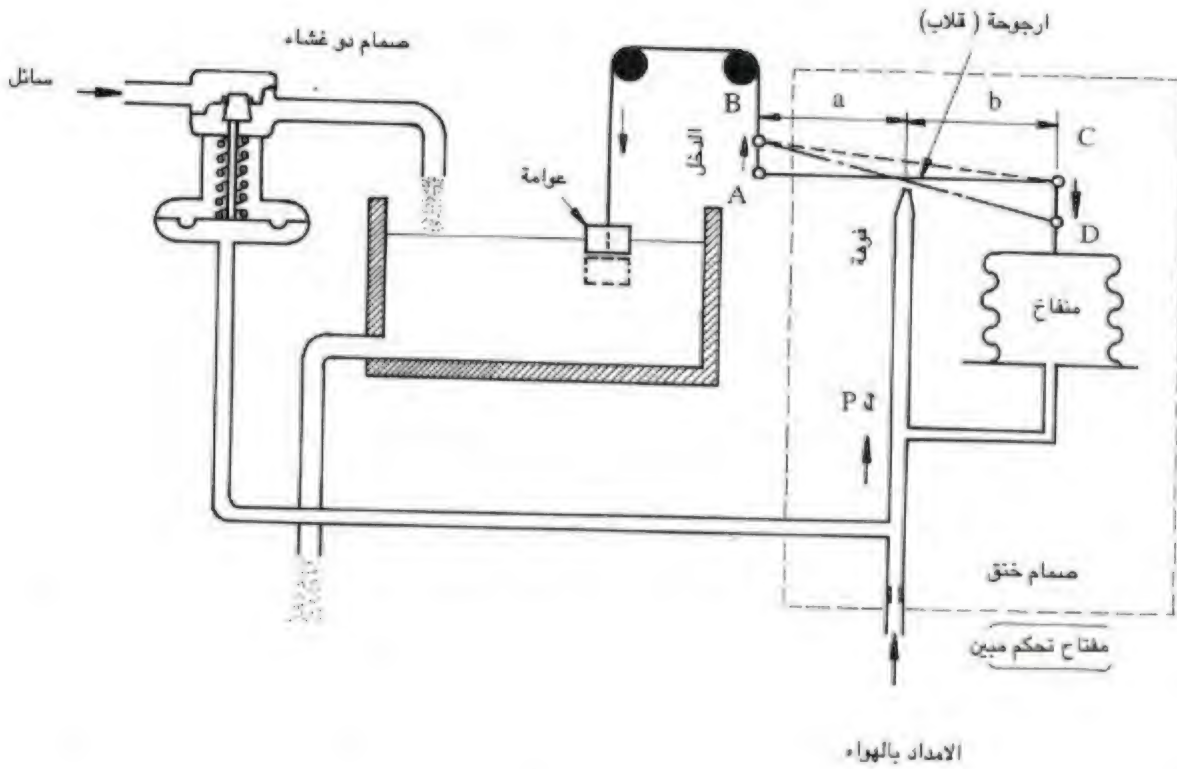


الشكل ٩-١٩ انحراف الحالة المستقرة

يستقر المتغير الذي يتم التحكم فيه على قيمة ثابتة بعد وقت كافٍ بعد تغيير القيمة المستهدفة أو بعد حدوث تغيرات في الحمل الذي يشبه الخطوة، بينما يتم التحكم الأوتوماتيكي في النظام المراد التحكم فيه ، ذي عنصر تخلف من المرتبة الأولى، عن طريق عمل متناسب . في العمل P ، يتناقص المتغير الذي يتم التعامل معه بالتدريج وبالتناسب، إذا تناقص الانحراف بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة عن طريق تطبيق عمل التحكم . ولذلك ، فإن أحد عيوب العمل P هو أنه لا يمكن الوصول فيه إلى التوافق التام بين المتغير الذي يتم التحكم فيه وبين القيمة المستهدفة ، الأمر الذي يترك انحرافاً ذا حالة مستقرة بين القيمة المستهدفة والمتغير الذي يراد التحكم فيه ، كما في الشكل ٩-١٩ .

ويبين الشكل ٩-٢٠ ، معدة للتحكم في مستوى سائل باستخدام الهواء المضغوط .

ينفث الهواء المضغوط الذي يدخل من خلال صمام الخنق . وتحرك العوامة الأرجوحة من الوضع الأول AC الى الوضع BC . وهذا يقلل الضغط الخلفي للنفخة P_0 ويقلل الضغط داخل المنفاخ . ويضغط المنفاخ ، بحيث تعود الأرجوحة الى الوضع BD ويتزن P_0 والضغط داخل المنفاخ ، وينتج خرج (ضغط هواء) يتناسب مع الدخل (وضع العوامة) ليفتح ويقفل الصمام ذا الغشاء بما يتناسب مع ضغط الهواء ، ويمكن ضبط كسب التناسب في مدى واسع ، وذلك بتغيير النسبة a:b للأرجوحة وثابت ياي المنفاخ .



الشكل ٩-٢٠ جهاز التحكم في مستوى سائل عن طريق العمل P

تمرين ١٣

عند التحكم في درجة حرارة غرفة تجفيف ، كما في الشكل ٩-٣ ، ما هي قيمة كسب التناسب إذا فتح صمام المحرك 4 مم عندما كانت E_i تساوي 2 ملي فولت. وإذا كان الإدخال الكامل لصمام المحرك هو 20 مم، فما هو مدى E_i التي يمكن أن تقوم بالعمل المتناسب ؟

(الإجابة: 2 مم/ملي فولت ، 10 ملي فولت)

تمرين ١٤

ما مقدار نطاق التناسب إذا كان المتغير الذي يتم التعامل معه مفتوحاً تماماً عند 70 هـ ومقفولاً تماماً عند 130 هـ بمفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر حتى 150 هـ ؟

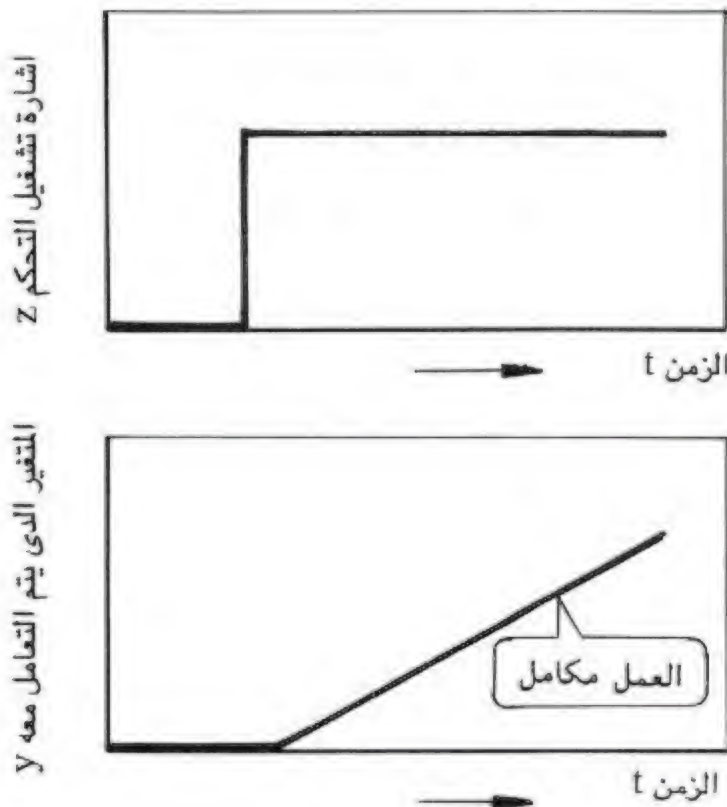
(الإجابة : 40%)

[٣] العمل I (العمل المكامل) I Action (Integral Action)

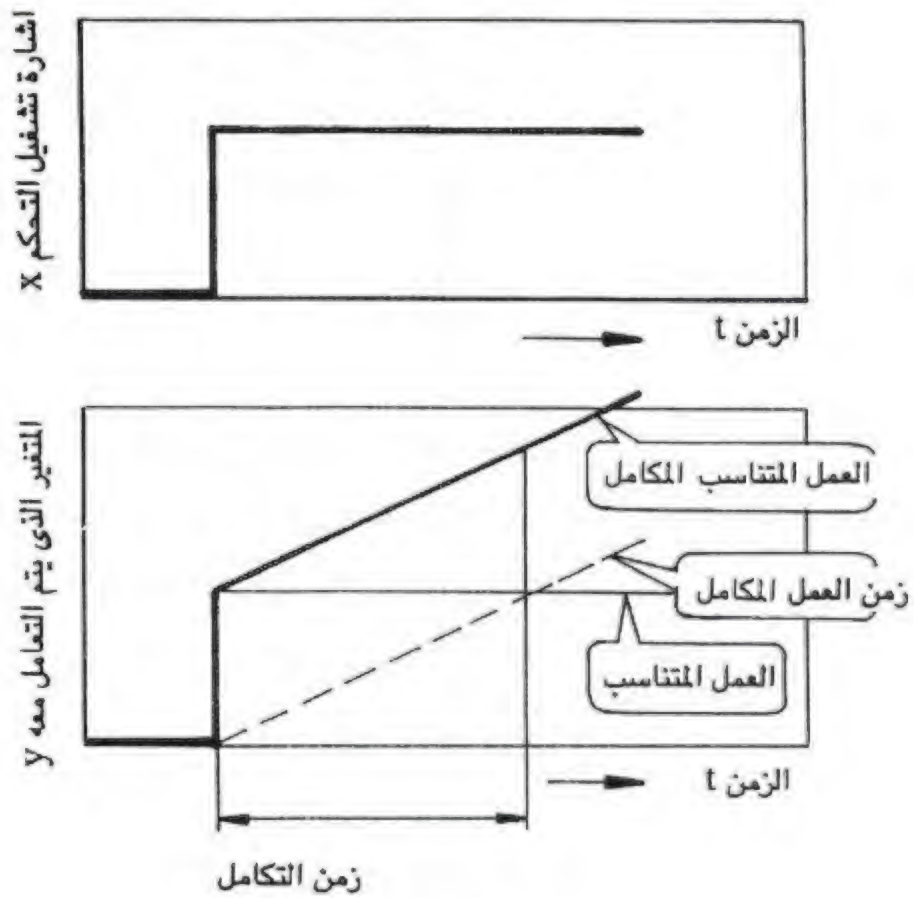
العمل اللازم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة المتكاملة للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة يسمى «العمل I»، كما في الشكل ٩-٢١. والعمل الذي يقوم بإضافة المتغير الذي يتم التعامل معه ، والذي يتناسب مع القيمة المتكاملة لإشارة عمل التحكم إلى العمل P ، كما في الشكل ٩-٢٢، يسمى العمل PI . ويمكن أن تستخدم الأعمال I بطريقة منفصلة، ولكنها تستخدم مع الأعمال P ، بشكل عام .

وفي الأعمال I , PI ، طالما أن المتغير الذي يتم التحكم فيه ينحرف عن القيمة المستهدفة، وطالما أن الانحراف (إشارة عمل التحكم) يبقى ثابتاً ، يقوم العمل بتصحيح القيمة المتكاملة ، بحيث يحذف انحراف الحالة المستقرة كما في حالة العمل P . غير أن الاتجاه للقيام بدورات $Cycling$ يظهر، وتكون هناك حاجة لوقت قبل أن يستقر نظام التحكم .

وزمن إعادة الضبط هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في حالة العمل التناسبي فقط عن طريق عمل التحكم المتكامل كما في الشكل ٩-٢٢ . ويعبر زمن إعادة الضبط عن شدة عمل التحكم المتكامل ، ويكون عمل التحكم أقوى عندما يكون زمن إعادة الضبط أقصر .



الشكل ٩-٢١ العمل I



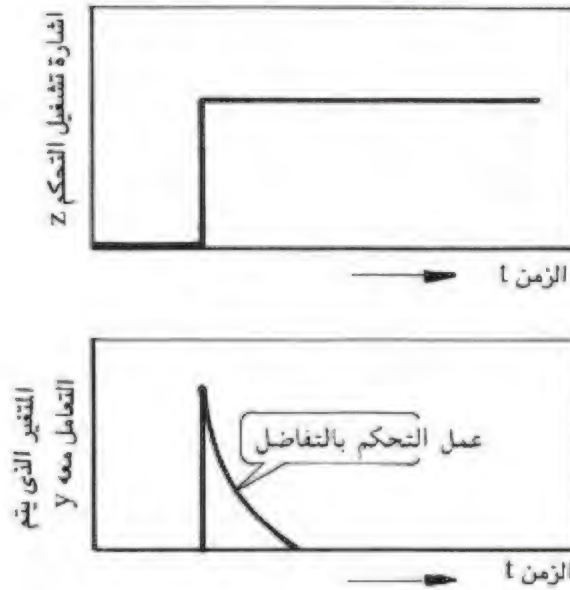
الشكل ٩-٢٢ العمل PI

[٤] العمل D (عمل التحكم بالتفاضل)

D Action (Derivative Control Action)

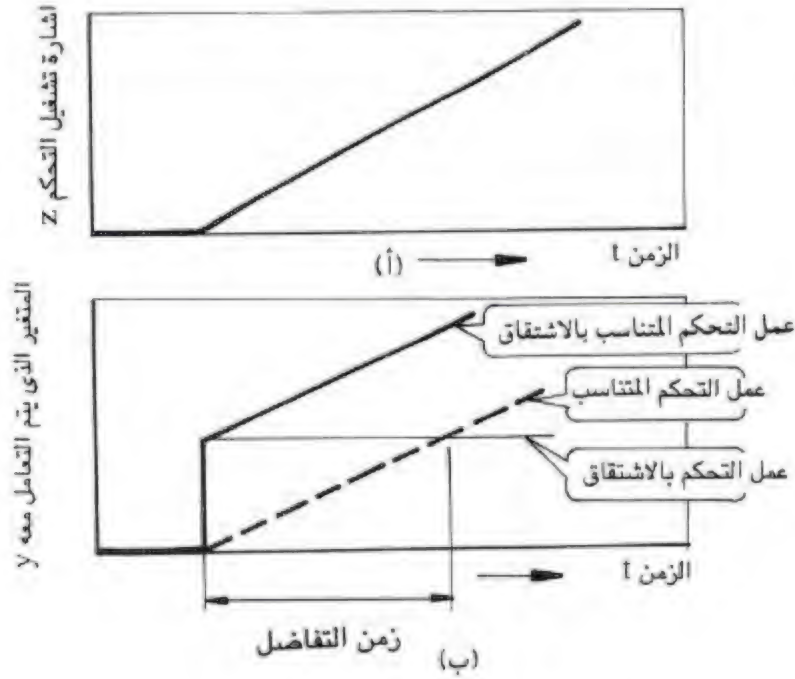
العمل D ، هو العمل اللازم لتغيير المتغير الذي يتم التعامل معه بمقدار يتناسب مع القيمة الفرقية للانحراف (إشارة عمل التحكم) بين المتغير الذي يتم التحكم فيه والقيمة المستهدفة ، كما في الشكل ٩-٢٣ . والعمل الذي يتم تطبيقه على متغير يتم التعامل معه ، والذي يكون متناسبا مع القيمة الفرقية لإشارة عمل التحكم في حالة العمل P ، يسمى العمل PD ، كما في الشكل ٩-٢٤ . والعمل PI الذي يتم تطبيقه مع العمل D يسمى

PID، وبشكل عام، يستخدم العمل D مثل الأعمال PD أو PID. ويؤدي العمل D أعمال تصحيح تتناسب مع السرعة المتغيرة للمتغير الذي يتم التحكم فيه ، ويستخدم عند تخميد تغيرات المتغير الذي يتم التحكم فيه بسرعة .



الشكل ٩-٢٣ العمل D

وعند زيادة إشارة عمل التحكم بسرعة ثابتة، كما في الشكل ٩-٢٤(أ)، تصبح المتغيرات التي يتم التعامل معها ذات قيم ثابتة عند تطبيق العمل D فقط ، بينما تصبح خطأ متقطعاً عند تطبيق العمل P فقط .

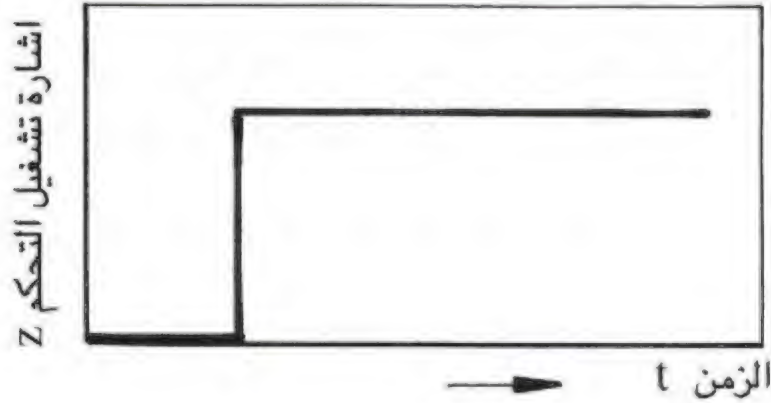


شكل ٩-٢٤ العمل PD

ويكون المتغير الذي يتم التعامل معه هو تجميع الاثنين، كما في الشكل ٩-٢٤ (ب).
 وزمن المعدل ، هو الزمن اللازم للحصول على متغير يتم التعامل معه بنفس المقدار كما في
 حالة العمل P فقط عن طريق العمل D، عندما تكون إشارة عمل التحكم كما في الشكل
 ٩-٢٤ (أ) ، ويعبر زمن المعدل عن شدة عمل التحكم بالاشتقاق، ويكون عمل التحكم
 للتفاضل أقوى عندما يكون زمن المعدل أطول .

تمرين ١٥

بيّن متغيرات العمل PD التي يتم التعامل معها للتحكم في إشارات
 العمل على شكل خطوة كما في الشكل ٩-٢٥ .



الشكل ٩-٢٥ إشارة تشغيل التحكم على شكل خطوة

[٥] طريقة التحكم المناسبة

يمكن إجراء أعمال تصحيح تناسب تصرف إنحراف القيم المستهدفة وقيم المتغيرات التي يتم التحكم فيها في أنظمة التحكم الأوتوماتيكية عن طريق التغذية المرتدة ، وذلك لكي تتطابق المتغيرات التي يتم التحكم فيها مع القيم المستهدفة ، عندما تحدث إضطرابات ، أو عن طريق تغيير القيم المستهدفة . وتشمل هذه الأعمال التصحيحية أعمال وصل/فصل، "D", "I", "P".

وعادة ، فإن لكل عنصر - مثل عناصر التحكم النهائية ، والأنظمة التي يتم التحكم فيها وعناصر الكشف الابتدائية - إعاقة زمنية . وكذلك إشارات التغذية المرتدة التي يتم كشفها لها إعاقة زمنية والقصور أو التجاوزات overshoot عن القيم المستهدفة تحدث نتيجة لأعمال التصحيح عن طريق هذه الإشارات . وإذا تكررت هذه الأعمال (التصحيح) يصبح التحكم في حالة تذبذب .

وعندما تصبح الفروق بين القيم المستهدفة والقيم التي يتم التحكم فيها صغيرة ، تصبح إشارات عمل التحكم صغيرة أيضاً ، مما يجعل هناك صعوبة في التوافق التام مع المتغيرات التي يتم التحكم فيها والقيم المستهدفة. ويبين الشكل ٩-٢٦، العلاقة بين أنواع التحكم المختلفة والاستجابات لدالة الخطوة .

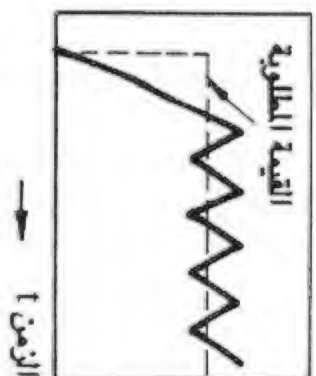
ويمكن القول بأن حالة التحكم جيدة في الحالات التالية :

(١) اقتراب المتغيرات التي يتم التحكم فيها بسرعة من القيم المستهدفة.

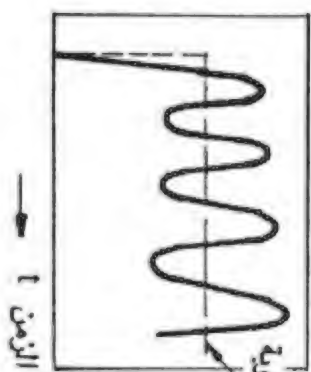
(٢) إذا أدت أعمال التصحيح إلى تجاوزات عن وضع التوازن المطلوب ثم إن هذه التجاوزات بسرعة تعود إلى حالة الإستقرار .

(٣) عدم بقاء الإنحراف عن حالة الإستقرار المطلوبه.

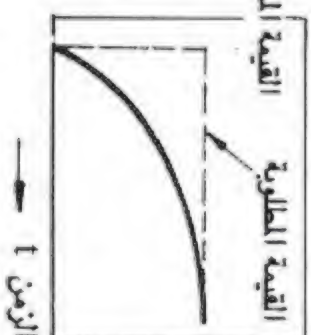
وهناك احتياج إلى أعمال تحكم تناسب الأغراض للمحافظة على ظروف تحكم جيدة. ويعرض الجدول ٩-٢، خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها وأعمال التحكم المناسبة لها



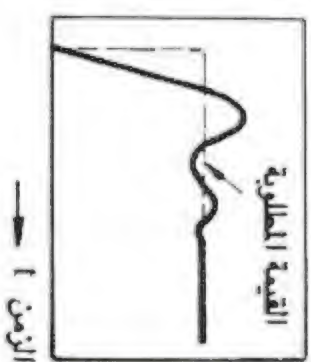
(أ) وصل / فصل
(تذبذب)



(ب) العمل في حالة
التعديل القوي
(سريع)



(ج) العمل في حالة
التعديل الضعيف
(بطيء)



(د) العمل في حالة
التعديل الأملئ

الشكل ٩-٢٦ أنواع التحكم المختلفة والاستجابة لإشارة دالة خطوة

الخاصية المحددة للجزء المراد التحكم فيه	مثال	عمل التحكم المتوافق
عنصر متناسب	التحكم في الانسياب	العمل I ، العمل PI
عنصر تخلف من المرتبة الأولى	تحكم بسيط في درجة الحرارة	العمل P ، العمل وصل/قطع
عنصر تخلف من المرتبة الأولى - يوجد إعاقة زمنية	التحكم في درجة الحرارة (يوجد كشف بمعدل)	العمل PID
العنصر المكامل	التحكم في مستوى السائل للغلاية	العمل P

الجدول ٩-٢ خصائص الأنظمة التي يتم التحكم فيها وأعمال التحكم المناسبة لها

٩-٣-٣ عنصر التحكم النهائي Final Controlling Element

بعد استقبال إشارات التشغيل من مفتاح التحكم ، يقوم عنصر التحكم النهائي بتحويلها إلى متغيرات يتم التعامل معها، ويؤثر على الأنظمة التي يتم التحكم فيها . فهو يناظر الأيدي في الإنسان . وتنقسم عناصر التحكم النهائية إلى أنظمة باستخدام الهواء المضغوط (نيوماتية) ، وأنظمة هيدروليكية وأنظمة كهربائية تبعاً للمتغيرات التي يتم التعامل معها .

[١] عنصر التحكم النهائي باستخدام الهواء المضغوط (النيوماتي)

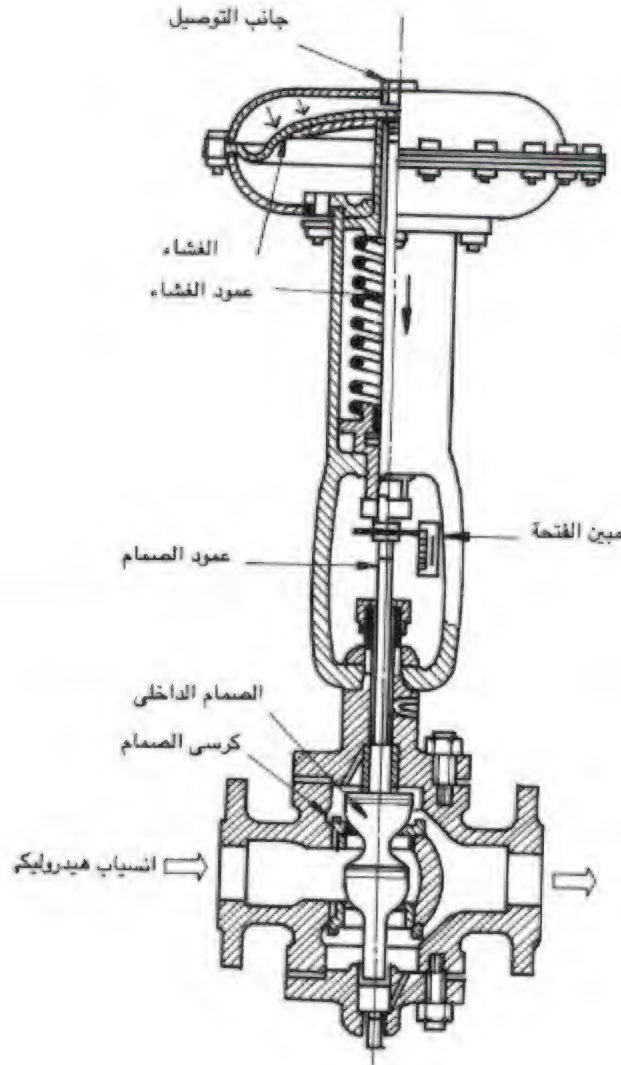
لعنصر التحكم النهائي باستخدام الهواء المضغوط ، أسطوانة هواء مضغوط وصمام غشائي .

وكما يظهر في الشكل ٩-٢٧ ، يستقبل الصمام الغشائي خرج إشارات التشغيل (ضغوط الهواء) عن طريق مفتاح تحكم بالهواء المضغوط عند بوابة يتم توصيلها معه. وعندما يدفع هذا الهواء الغشاء إلى أسفل ، يدفع محور الغشاء إلى أسفل أيضاً ليحرك الصمام ليضبط معدل الانسياب .

ولعنصر التحكم النهائي بالهواء المضغوط تركيب بسيط ،ويمكن الحصول منه على قوة تشغيل كبيرة . ويتميز بالأمان وسهولة الصيانة . ولكن يعيبه ، أنه بطيء في أدائه عندما تكون المسافة كبيرة .

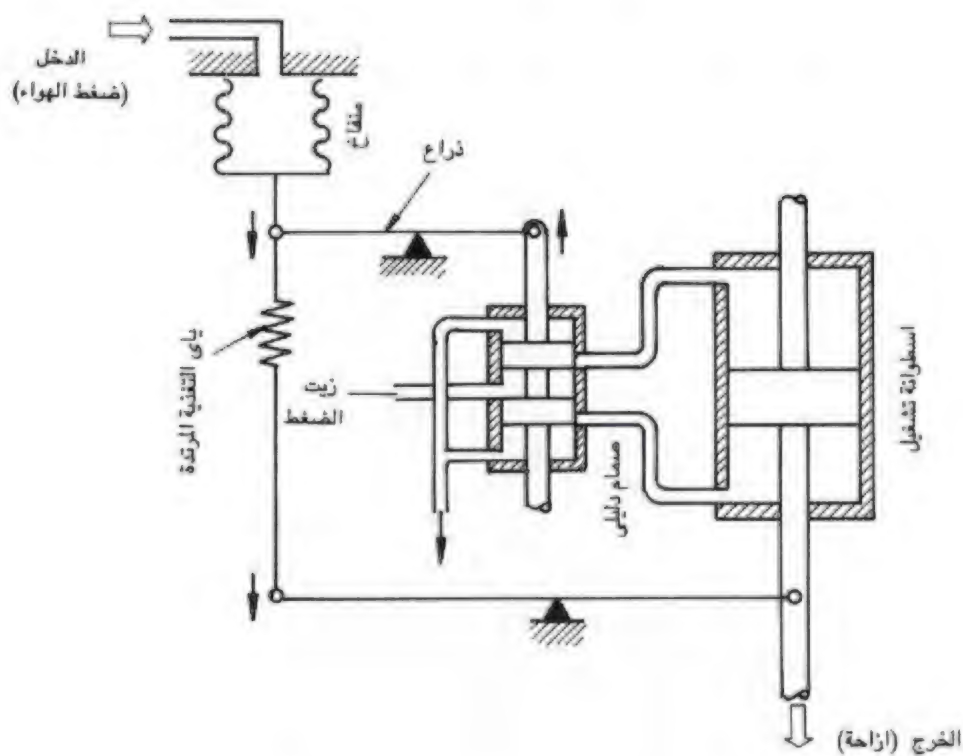
[٢] عنصر التحكم النهائي الهيدروليكي

بشكل عام ، تستخدم أسطوانة هيدروليكية كآلية تشغيل لعنصر التحكم النهائي الهيدروليكي . وهو يتسم بسهولة التركيب ، وبقوة تشغيل كبيرة وسهولة في الصيانة . ولا ينتج عنه إعاقة في الانتقال كما في حالة نظام الهواء المضغوط . وعيوبه هي أنه يحتاج لماسورتين هيدروليكيتين للذهاب والعودة ، كما أن المسافة محدودة ، وبين الشكل ٩-٢٨ عنصر تحكم نهائي هيدروليكي يستخدم صماماً دليلاً واسطوانة هيدروليكية .



القوة تساوى حاصل الضرب بين (ضغط هواء
 اشارة التشغيل) و (المساحة الفعالة للفشاء) ،
 ويعمل رد فعل الياي على المحافظة على وضع متزن ،
 بحيث يكون ضغط الهواء الذى يؤثر على الفشاء
 متناسبا مع ازاحة عمود الصمام . ويكون ضغط
 الهواء 0.2 الى 1.00 كجم قوة / سم² .

الشكل ٩-٢٧ الصمام الغشائي Diaphragm Valve

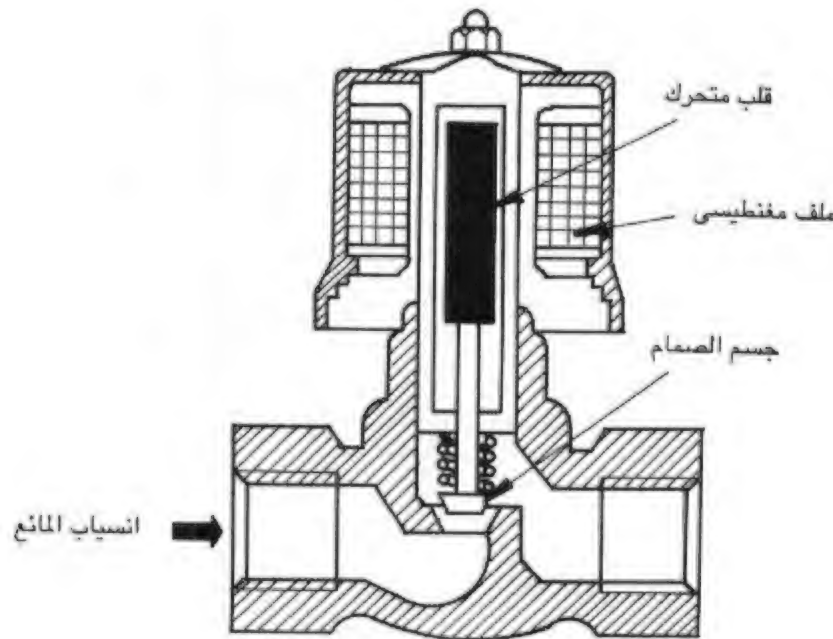


عند تطبيق ضغط هواء على المنفاخ ، يقعد التوازن بين المنفاخ والباى ، ويتمدد المنفاخ إلى أسفل . وعند هذا الوقت ، يرتفع مكبس الصمام الدليلي وينساب الزيت فى الغرفة العليا لاسطوانة التشغيل ليدفع المكبس إلى أسفل . وتعود حركة المكبس عكسيا عن طريق الذراع وتتم المحافظة على الاتزان عن طريق المنفاخ المتمدد والباى ، وبهذا يفتح ويغلق الصمام دائما بالتناسب مع ضغط الهواء .

الشكل ٩-٢٨ عنصر التحكم النهائي الهيدروليكي

[٣] عنصر التحكم النهائي الكهربائي

وتتمثل عناصر التحكم النهائي الكهربائية في المحركات ، وصمامات المحرك ، والصمامات ذات الملفات اللولبية ، فتستخدم الصمامات ذات الملفات اللولبية في حالة التشغيل ذي الوضعين، وحيث تكون قوة التشغيل صغيرة . وتستخدم صمامات المحرك عند القيام بالأعمال P ، التي تتطلب قوى تشغيل كبيرة . ويبين الشكل ٩-٢٩ الصمام ذا الملف اللولبي .



عندما يمرّ وينفصل القلب المتحرك داخل الملف الكهرومغناطيسي عن طريق تيار الإثارة ، يفتح ويقفل قرص الصمام المتقارن مع القلب . وبذلك ، فإن الصمام ذا الملف اللولبي يقوم بفتح وقفل قرص الصمام .

الشكل ٩-٢٩ صمام ذو ملف لولبي Solenoid Valve

٩ - ٤ آلية المؤازرة Servo - mechanism

هى نظام تحكم للمتابعة ، يتم إنشاؤه لمتابعة التغيرات العشوائية للقيمة المستهدفة باستخدام مواقع الأجزاء واتجاهاتها ووضعها ، الخ.. كمتغيرات يتم التحكم فيها . وتستخدم آليات المؤازرة في مجالات تطبيقية واسعة . وكما فى الجدول ٩-٣ ، تستخدم آليات المؤازرة مستقلة فى التحكم فى آلات التشغيل وقيادة السفن . وتستخدم أيضاً كمركبات لعمليات التحكم والضبط الأوتوماتيكي . وعند تصنيف آليات المؤازرة تبعاً لعنصر آلية التشغيل، يمكن أن تنقسم هذه الآليات إلى الأنواع الهيدروليكية والكهربائية وتلك التي تعمل بالهواء المضغوط (النيوماتية) .

التطبيق	مثال ملموس
موازن ذاتي	القياس عن بعد ، مسجل بيان ، راسمة X-Y التحكم في الحدود الخارجية المخرطة ، ماكينة التفريز التحكم في الموضع مركز تشغيل ، ماكينة تنقيب
ماكينة تشغيل	
مُشغل يدوي	المُشغل الأوتوماتيكي (الروبوت)
جسم في حركة	التحكم الأوتوماتيكي في وضع السفينة والطائرة ، والتحكم في توجيه الصاروخ
التحكم النهائي للتحكم في العمليات	صمام يعمل بالمحرك ، صمام ذو عشاء ، التحكم في وضع الصمام لصمام التحكم في ضغط الزيت
تطبيقات أخرى	رادار متابعة (مواصلة)

الجدول ٩ - ٣ تطبيقات آلية المؤازرة

ويتميز النوع الهيدروليكي بسرعة الاستجابة ، وبأنه مدمج ، ولكنه ينتج خرجاً كبيراً . أما النوع الكهربائي ، فهو بطيء ولكنه يتفوق في الناحية الاقتصادية وسهولة التشغيل بالمقارنة مع النوع الهيدروليكي . ويستخدم أيضاً النظام الهيدروكهربائي المختلط بكثرة ، عن طريق التعامل كهربائياً مع الإشارات وتوليد قوة دافعة هيدروليكية ، مستخدماً مزايا النوعين .

٩-٤-١ آلية المؤازرة الهيدروليكية

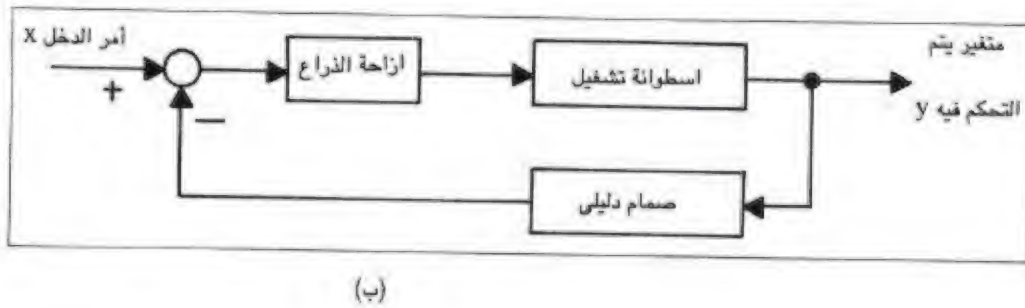
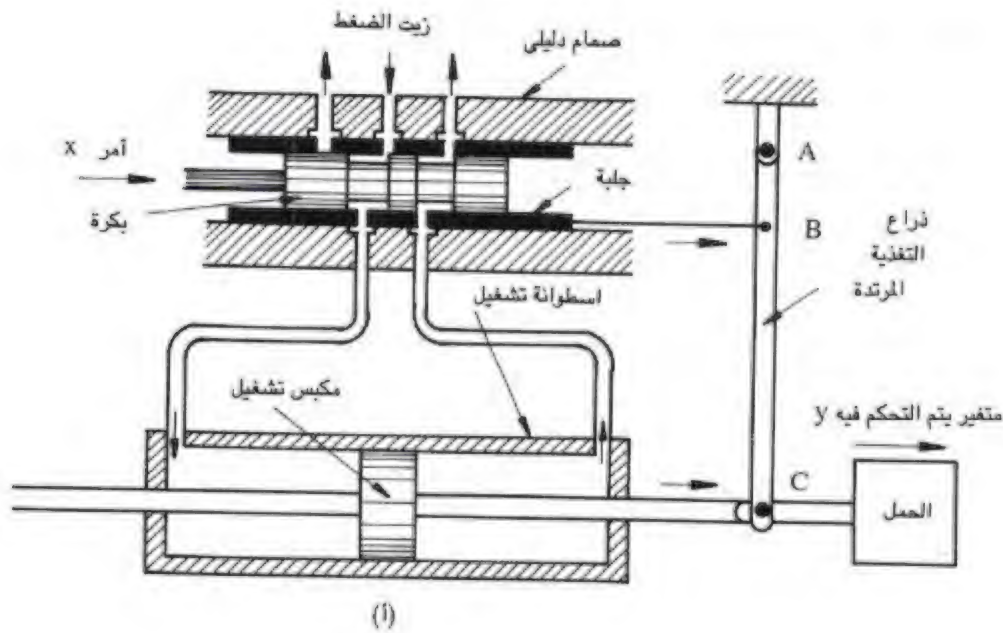
يبين الشكل ٩-٣٠ (أ) ، مثلاً لآلية مؤازرة هيدروليكية . وفي الرسم التخطيطي ، يكون المتغير الذي يتم التحكم فيه هو الموضع Y لحمل متصل مع مكبس تشغيل ، وتكون القيمة المستهدفة هي الموضع X لمغزل ذي صمام دليلي . والغرض من هذا النظام هو متابعة المتغير الذي يتم التحكم فيه Y بالنسبة للقيمة المستهدفة X .

يبين الشكل ٩-٣٠ (ب) ، هذا النظام في شكل رسم تخطيطي وظيفي . وفي الحقيقة ، يتم القيام بهذه الأعمال بسرعة ، إلى حد بعيد .

وتنقسم آليات المؤازرة الهيدروليكية إلى النوع ذي الصمام الدليلي ، والنوع ذي أنبوبة الحقن ، والنوع ذي الفوهة - القلاب ، والنوع ذي صمام المؤازرة وأنواع أخرى .

وصمامات المؤازرة التي تستخدم بكثرة في آليات المؤازرة الهيدروكهربائية تقوم بتشغيل صمام دليلي عن طريق إشارات كهربائية . ويبين الشكل ٩-٣١ ، تركيب صمام المؤازرة

عندما يتحرك وضع بكرة الصمام الدليلي إلى اليمين مسافة X ، تتحرك بكرة الصمام الدليلي مسافة X لحظيا ، بينما يبقى الحمل مستقرا . وينساب الزيت في الغرفة اليسرى لاسطوانة التشغيل ، فيتحرك مكبس التشغيل إلى اليمين . وبهذا يتحرك ذراع التغذية المرتدة إلى اليمين باستخدام A كمحور ارتكاز ، وتتحرك الجلبة إلى اليمين لإيقاف انسياب الزيت حتى يصبح المتغير الذي يتم التحكم فيه متناسبا مع القيمة المستهدفة X .



الشكل ٣٠-٩ آلية موازنة هيدروليكية (صمام دليلي) Guide Valve

٩-٤-٢ آلية المؤازرة الكهربائية

تستخدم آلية المؤازرة الكهربائية محركاً في جزء آلية التشغيل، وتستخدم مكبر قدرة لإدارة المحرك . ويبين الشكل ٩-٣٢، مثلاً لآلية مؤازرة كهربائية .

وفي الرسم التخطيطي ، تكون زاوية الدوران θ_1 لليد الموجودة على الحافة اليسرى ، هي القيمة المستهدفة، وزاوية الدوران θ_2 للحمل على الحافة اليمنى هي المتغير الذي يتم التحكم فيه . وتكون البوتنشيومترات P_1 , P_2 من نفس النوع ، وهي عبارة عن محولات طاقة (زاوية / جهد) (مبدلات طاقة) للتحويل إلى جهود متناسبة مع θ_1 , θ_2 . وتسمى المحركات DC موتورت مؤازرة .

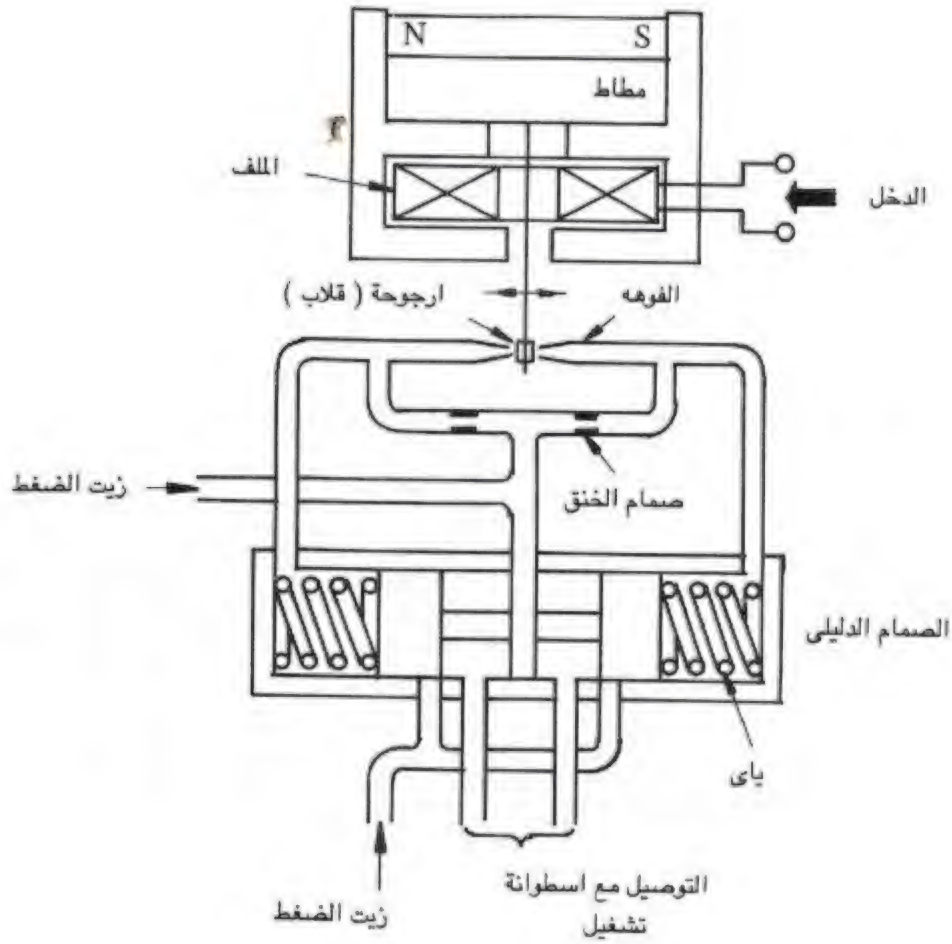
وتتماثل أساسيات عمل محركات المؤازرة ومحركات الحث المستخدمة، بشكل عام، غير أنه ، يمكن بدء تشغيل وإيقاف محركات المؤازرة كثيراً ، كما يمكن تشغيلها في حالة نطاق كبير من السرعات، بدءاً من سرعات منخفضة إلى سرعات عالية . ولمحركات المؤازرة تركيب خاص لتناسب المتطلبات التالية :

(١) يمكن أن يدور المحرك للأمام والخلف وتكون خصائص الإتجاهين متماثلة.

(٢) يمكن الحصول على دوران ناعم عند السرعة المنخفضة .

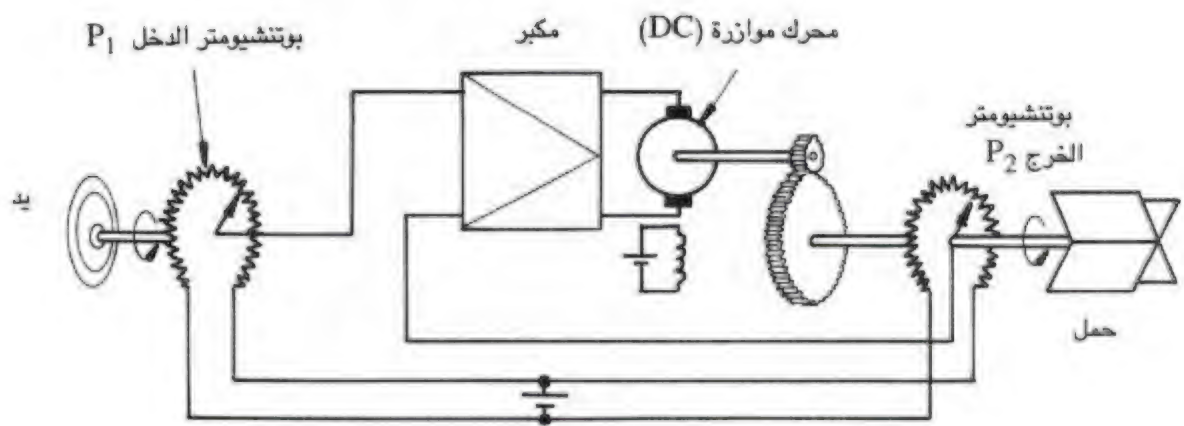
(٣) يمكن الحصول على تعجيل وتباطؤ بسرعة.

وتستخدم محركات المؤازرة الـ DC ، والـ AC والمحركات النبضية كمحركات مناسبة لهذه الحالات .



يبين الجزء العلوي من الشكل الجزء الخاص لتحريك الأرجوحة عن طريق التيار . وتثبت الأرجوحة من خلال مطاط . عندما تتحرك الأرجوحة الى اليسار وإلى اليمين بمت يتناسب مع تيار الملف ، تقل كمية الزيت التي تنفث خلال احدي الفوهات ، بينما تزيد في الفوهة الأخرى . وبهذا ينتج فرق في الضغوط الخلفية الأيسر واليمين داخل الصمام الدليلي ، وتعمل الأرجوحة حتى تتزن القوة مع الياي . ويتم تغذية هذه الحركة إلى الجانب الأيسر وإلى الجانب اليمين لاسطوانة التشغيل .

الشكل ٩-٣١ تركيب صمام الموازنة (السرفو)



إذا كانت زاويتا الدوران للبوتنشيو متر P_1, P_2 متساويتين ، يكون الانحراف (فرق الجهد) مساوياً للصفر ، ولا يدور المحرك (DC) . وعند ادارة اليد بزاوية θ_1 ، يدور البوتنشيو متر P_1 وايضا زاوية θ_1 ، فينتج فرق جهد يتناسب مع الفرق في زوايا الدوران مع البوتنشيو متر P_1 . ويتم تكبير هذا الفرق في الجهد لإدارة المحرك DC ، بحيث يدور الحمل بزاوية θ_2 تتناسب مع القيمة المستهدفة θ_1 .

الشكل ٩-٣٢ مثال لآلية موازنة كهربائية

[١] المحرك النبضي Pulse Motor

يسمى المحرك النبضي أيضاً بالمحرك التدريجي . وهو يستقبل إشارات نبضية رقمية ويحولها إلى حركة دورانية . فيدور المحرك بدقة بمقدار زاوية ثابتة لكل إشارة نبضية يستقبلها . وبهذا يمكن الحصول على زاوية دوران تتناسب مع عدد الإشارات النبضية .

ويبين الشكل ٩-٣٣، التركيب والمنظر الخارجي للمحرك النبضي .

ويتكون المحرك النبضي من عضو ساكن وعضو دوار . وكما يبدو في الشكل ٩-٣٣(أ) ، يكون للقطب المغنطيسي في العضو الساكن قطبان في أوضاع متقابلة . وعند إثارة العضو الساكن للقطب A ، ينجذب القطب المغنطيسي للعضو الدوار القريب من هذا القطب ليدير العضو الدوار ، ويتوقف في الموضع المقابل كما في الشكل . وبعد ذلك ، إذا تم إثارة القطب B بدلاً من القطب A ، ينجذب القطب المغنطيسي الدوار بين B, C عن طريق القطب B ويبقى ساكناً في الموضع المقابل . وبالمثل ، عند إثارة القطب C ، يدور العضو الدوار في نفس الاتجاه وب نفس الزاوية .

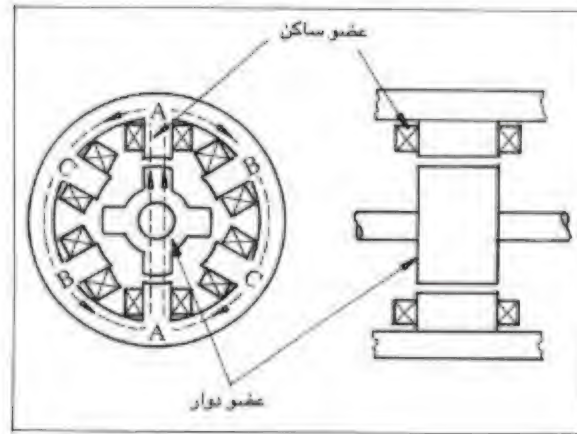
وعليه ، بتغيير تتابع الإثارة، يمكن إدارة العضو الدوار خطوة بخطوة، وبمعكس تتابع الإثارة ، ينعكس الدوران . ويتغير قطب الإثارة لكل إشارة نبضية يتم استقبالها ، يمكن إدارة العضو الدوار بنفس الزاوية .

[٢] المحرك النبضي الهيدروكهربائي

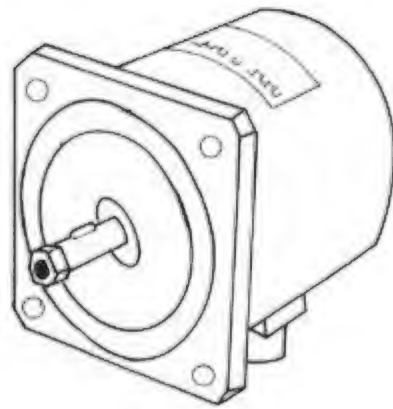
يستخدم المحرك النبضي الهيدروكهربائي محركاً نبضياً كهربائياً لتحويل نبضات الأمر إلى حركة دوران وكذلك يستخدم محركاً هيدروليكيًا لتكبير قوة الدوران . ولهذا تُستخدم المحركات النبضية الهيدروكهربائية في آلات التشغيل الكبيرة لإدارتها دون إعاقة .

ويبين الشكل ٩-٣٤، أساسيات تشغيل النظام الهيدروليكي في المحرك النبضي

الهيدروكهربائي .

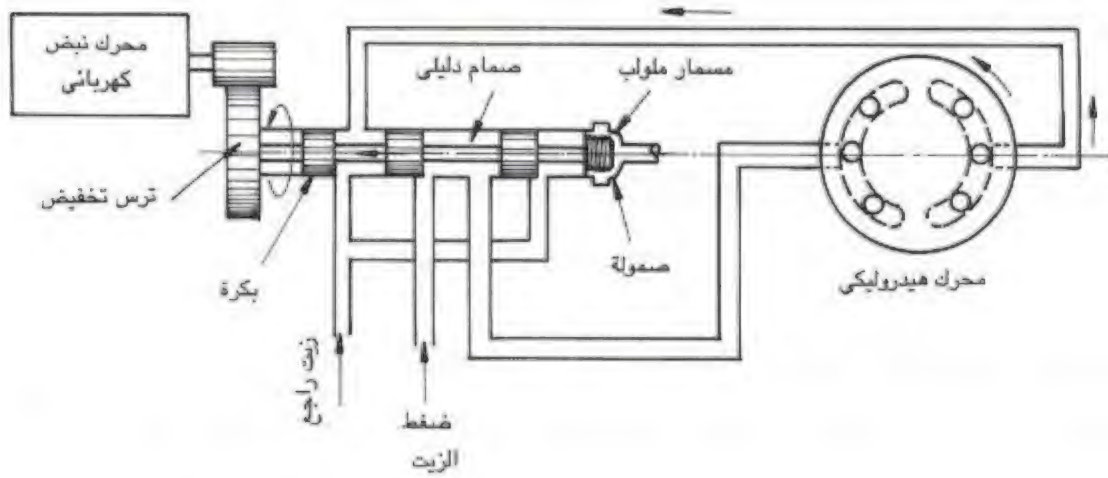


(أ)



(ب)

الشكل ٩-٣٣ المحرك النبضي



توصل البكرة وعمود الخرج من خلال مسمار مسنن وصمولة . وعند دوران المحرك النبضي الكهربائي بزاوية تساوي وحدة الزوايا ، ينتج فرق في الزاوية بين المحرك النبضي وعمود الخرج . وتدور البكرة وتتحرك الى اليسار بمسافة تتناسب مع الفرق الزاوي عن طريق المسمار . ويدفع زيت الضغط الى المحرك الهيدروليكي لإدارة العمود . ويدور المحرك الهيدروليكي عند توقف المحرك النبضي الكهربائي فقط ، كما تتحرك الصمولة مع المحرك الهيدروليكي عند هذا الوقت ، وذلك حتى تعود البكرة الى الوضع الأول بعد التحرك إلى اليمين .

الشكل ٩-٣٤ أساسيات تشغيل المحرك النبضي الهيدروكهربائي

٩-٤-٣ آليات المؤازرة التناظرية والرقمية

Digital and Analogue Servo - mechanisms

إذا كان نوع الإشارات التي يتم تبادلها في آلية المؤازرة رقمية ، تسمى الآلية بالآلية المؤازرة الرقمية . وإذا كان نوع الإشارات تناظرياً ، تسمى الآلية بالآلية المؤازرة التناظرية . وتحقق آلية المؤازرة الرقمية دقة واستقرار عاليين لا يتحققان عن طريق آليات المؤازرة التناظرية التقليدية .

وتستخدم آليات المؤازرة الرقمية محركات نبضية وآليات المؤازرة التناظرية محركات مؤازرة DC و AC .

وتؤدي آليات المؤازرة عملية التحكم أساساً بالكشف عن الإزاحة مثل إزاحة الموضع والزاوية .

ويبين الجدول ٩-٤، أنواع وأساسيات كاشفات الموضع التناظرية ، ويتم تحويل الكميات التي يتم الكشف عليها عن طريق كاشفات إلى ضغوط ، وجهود ، وتيارات ، الخ . وتستخدم الكاشفات المبينة في الجدول، أساساً، في آليات المؤازرة ، كما أنها تستخدم أيضاً كمركبات للتحكم في العمليات.

وبالمقارنة مع كاشفات الموضع التناظرية، تستخدم كاشفات الموضع الرقمية (المستخدمة في آليات المؤازرة الرقمية) بكثرة في التحكم العددي وأغراض أخرى .

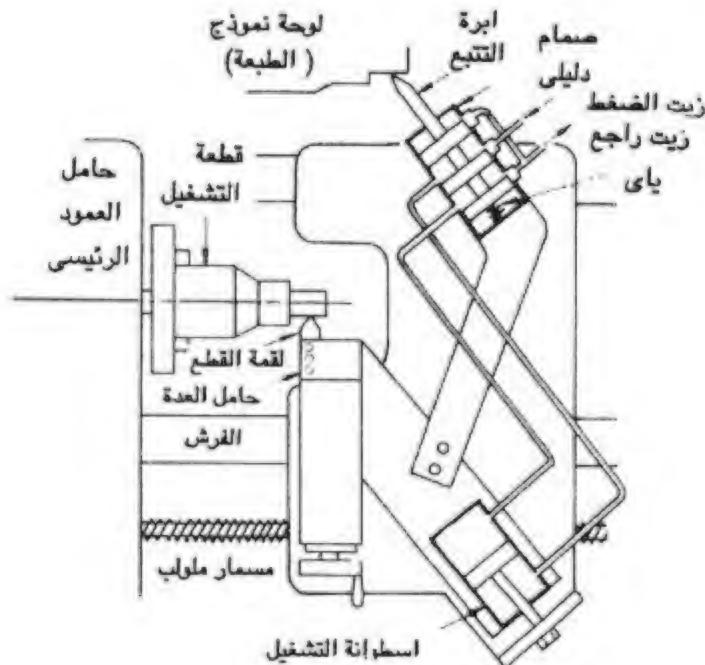
الأنواع	المبادئ
مقاومة متغيرة	تغير المقاومة الكهربائية عن طريق منزلقة متحركة
محول فرقي	تغير الحثية عن طريق وضع القلب الحديدي
انبوب ضوئي	تغير كمية الضوء عن طريق إنحراف شق طولي
مقياس إنفعال ذو سلك مقاومة	تغير المقاومة الكهربائية للسلك بالتشوه

الجدول ٩-٤ أنواع وأساسيات الكاشفات

٩-٤-٤ أمثلة لآليات المؤازرة

التحكم في عملية النسخ : فى حالة التحكم فى النسخ فى آلات التشغيل، تتحرك إبرة التسجيل على طبعة تم صنعها بالشكل المطلوب . وتتحول الكميات التى تعطيها إبرة التسجيل إلى حركة محرك هيدروليكي أو آلية مؤازرة كهربائية للتحكم فى موضع العدة . ويبين الشكل ٩-٣٥، مخرطة نسخ هيدروليكية كمثال للتحكم فى النسخ .

هذه مخرطة نسخ هيدروليكية تستخدم صماماً دليلاً، فيتغير مقدار الزيت الذى يدخل إلى اسطوانة التشغيل عن طريق الصمام الدليلى المتصل مع إبرة التتبع ، الذى يدفع المكبس الثابت ليحرك الاسطوانة حركة متناسبة . وتثبت عدة مكملات للاسطوانة لتقطع نفس الشكل مثل الطبعة .



الشكل ٩ - ٣٥ التحكم فى النسخ Copy Control

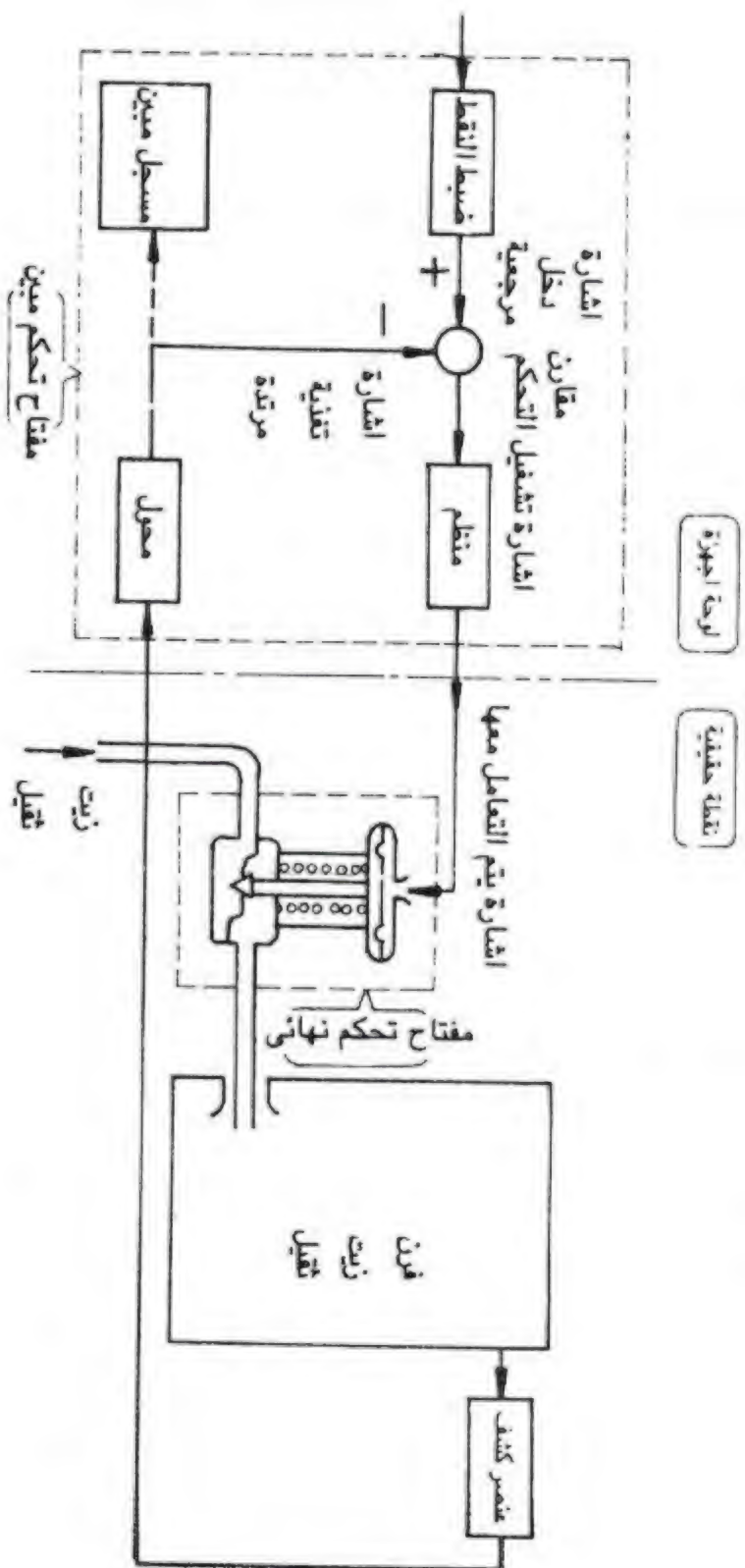
٩-٥ التحكم في العمليات Process Control

التحكم ذو التغذية المرتدة، الذي يستخدم في عمليات الإنتاج في المصانع الكيميائية والبتروولية عبارة عن عمليات تحكم. ويحدد أكثر، تستخدم درجة الحرارة، والضغط، ومستوى السائل وبنود أخرى كمتغيرات يتم التحكم فيها. وتكون استجابات التحكم في العمليات بطيئة، بشكل عام، بالمقارنة مع آليات المؤازرة.

ويبين الشكل ٩-٣٦، التركيب العام للتحكم بسيط في العمليات باستخدام التحكم في درجة حرارة فرن زيت ثقيل، كما في الشكل ٩-١، كمثال.

وفي التحكم في العمليات، تُبنى غرفة للتحكم، تتركز فيها أجهزة القياس مثل مفاتيح التحكم بعيداً عن الأجهزة الموجودة في الحقل (الموقع).

وتتضمن غرفة التحكم الأجزاء التي تناظر المخ للقيام بالتحكم.



الشكل ٩ - ٣٦ الشكل العام للتحكم في العمليات

تمريـنات

١ - من بين المعدات الموجودة فى المنزل ، اذكر أمثلة لتطبيق التحكم الأوتوماتيكي،
وقم بتصنيفه إلى تحكم متتابع أو تحكم ذوالتغذية المرتدة.

٢ - فى الأمثلة التالية للتحكم ، اذكر إلى أى المجموعات تنتمي، عندما يتم التصنيف
تبعاً لخصائص المتغيرات التي يتم التحكم فيها، وتبعاً للقيم المستهدفة؟

(١) عندما يتم المحافظة على المنتقى(المنتخب) عند درجة حرارة 38°م .

(٢) عند اختبار موضع طائرة بواسطة رادار .

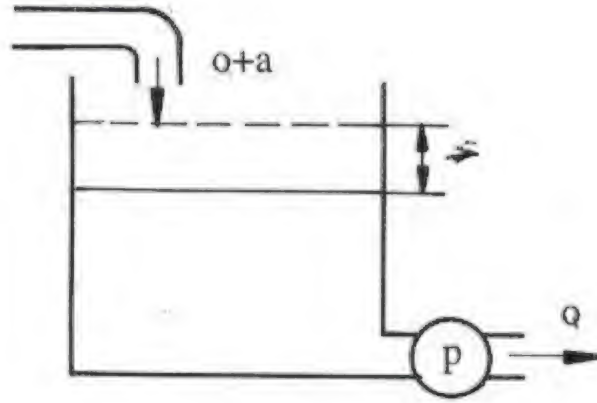
(٣) عند عمل نسخ بواسطة مخرطة ناسخة .

(٤) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل خزان فى مصفاة تكرير بترول.

(٥) عند المحافظة على درجة الحرارة ثابتة داخل فرن فى مصنع لإنتاج الصلب.

٣- ركبت مضخة P عند مخرج خزان بمساحة مقطع A (سم^٢) وتم إدخال كمية Q
كما فى الشكل ٩-٣٧، للمحافظة على كمية خرج مساوية لـ Q . فإذا زادت الكمية
الداخلية بمقدار q (ل / ث) عن الكمية الحالية ، ماذا سيكون التغير h فى مستوى
الماء بعد t ثانية ؟ وبفرض أن q هى إشارة الدخـل ، h هى إشارة الخـرج ، فما
هو العنصر الذي تمثله هذه المعدة ؟

$$\text{(الإجابة : } h = \frac{1000q}{A} \text{ سم العنصر المكامل)}$$



الشكل ٩-٣٧ عنصر

٤- إذا كانت قوة الياي في العنصر المفاضل المبين في الشكل ٩-١٠ (أ)، قد تغيرت ، كيف ستتغير الاستجابة الخطوية ؟ وضح .

٥- تم القيام بعمل تناسبي باستخدام مفتاح تحكم بمدى قياس من صفر إلى 100° م . وتم القيام بعملية ضبط بحيث تصبح فتحة الصمام $3/4$ الفتحة الكاملة عند صفر $^\circ$ م، وتصبح $1/4$ الفتحة الكاملة عند 100° م . فما هي النسبة المئوية لنطاق التناسب في هذه الحالة ؟

(الإجابة : 200%)

٦- ما هو المدى الذي يسمح بالعمل التناسبي إذا تم ضبط نطاق التناسب على 40% في حالة مفتاح تحكم ذي مدى قياس من صفر $^\circ$ م إلى 500° م ؟

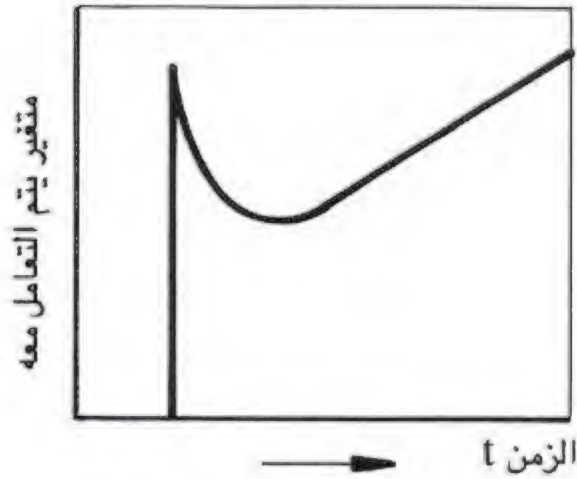
(الإجابة : 200 $^\circ$ م)

٧- اشرح أسباب حدوث الظواهر التالية :

(١) حدوث تغير دوري في عملية وصل/فصل .

(٢) في العمل P ، يكون الانحراف ذو الحالة المستقرة صغيراً ، في حالة النطاق التناسبي الأصغر .

٨- يبين الشكل ٩-٣٨، المتغير، الذي يتم التعامل معه، للاستجابة الخطوية في العمل PID ، حل هذا المتغير إلى متغيرات يتم التعامل معها في الأعمال D, I, P .



الشكل ٩-٣٨ متغير يتم التعامل معه

٩ - وضع الرسومات التخطيطية الوظيفية لمعدة التحكم الأتوماتيكي المبينة في الأشكال ٩-٣٢، ٩-٣٤، ٩-٣٥، باستخدام شكل ٩-٣٠ (ب) كمثال .

الفصل العاشر

التحكم الرقمي DIGITAL CONTROL

١-١٠ التحكم الرقمي

١-١-١ الحاسب والإشارة الرقمية

Computer and Digital Signal

يحفظ الحاسب أساليب العمل في الذاكرة، ويقوم بإجراء طرق الحساب بطريقة صحيحة ، كما أنه يتعلم مقدماً، ويقوم باتخاذ قرارات سليمة ويحسب في وقت قصير للغاية . فالأعمال المركبة (المعقدة) التي تستلزم حجماً كبيراً من العمل والوقت ، يمكن تأديتها بسرعة وبدقة . وتبعاً لكيفية استخدام الحاسب ، يمكن أن يستعمل في مجالات مختلفة في الحياة اليومية.

والتحكم الرقمي يعرف بأنه عمليات الحاسب التي تتحول معها جميع الإشارات إلى إشارات رقمية ، حيث يتم التحكم عن طريق الحاسب. (ويسمى أيضاً التحكم بالحاسب).
وحديثاً ، تم استخدام التحكم الرقمي بكثرة في التحكم التتابعي والتحكم ذو التغذية المرتدة.

١-١-٢ خصائص الحاسب الدقيق

Characteristics of Microcomputer

بدأت فكرة الحاسب الدقيق مع تطوير الحاسبة المكتبية الالكترونية وأثناء عملية تعديل

وتحسين الحاسب والحاسب الدقيق يضم وحدة معالجة مركزية (CPU) تسمى المعالج الدقيق (Microprocessor) ، ووحدات ذاكرة ، وأجهزة تحكم فى الدخل/الخرج على لوحة (كارت) نظام واحدة تسمى اللوحة الأم (Mother board) والحاسب الدقيق الخصائص التالية :

(١) مدى واسع للغاية من التطبيقات

ولا ينطبق ذلك على الحاسب الدقيق وحده ، ولكن هذه الخاصية تنطبق على جميع الحاسبات أيضاً ، فيمكن استخدامها في جميع المجالات ، غير أن الحاسبات الدقيقة لا يمكنها أن تقوم بعمل أي شيء بنفسها ، وتقوم الحاسبات بدورها ، فقط بعد استعمال تقنية الاستخدام ووظائف الآلات وتوافق المعدات.

(٢) صغير جداً

من خلال الـ IC (الدوائر المتكاملة) ، والتكامل على نطاق فائق السعة (VLSI) ، والتقنيات الأخرى ، أصبحت العمليات الحسابية وأجهزة الذاكرة فائقة الصغر ، بما يسمح بتركيبها مباشرة على الآلات والمعدات ، (انظر الشكل ١٠-١) .

(٣) انخفاض التكاليف

أصبحت التكاليف منخفضة نسبياً من خلال تقنية إنتاج أجهزة أشباه الموصلات المحسنة والإنتاج الكمي .

(٤) إمكانية القيام بالتحكم الأتوماتيكي المعقد

الحاسب الدقيق له سعة كبيرة للذاكرة ويمكنه أن يقوم بالعمليات بسرعة عالية . ويمكن استخدامه فى التحكم الأتوماتيكي في حالة عدة نقط للدخل والخرج ، وكذلك عندما يتطلب الأمر إجراء عمليات حسابية معقدة .

(٥) إمكانية استخدامه كمعدة خاصة

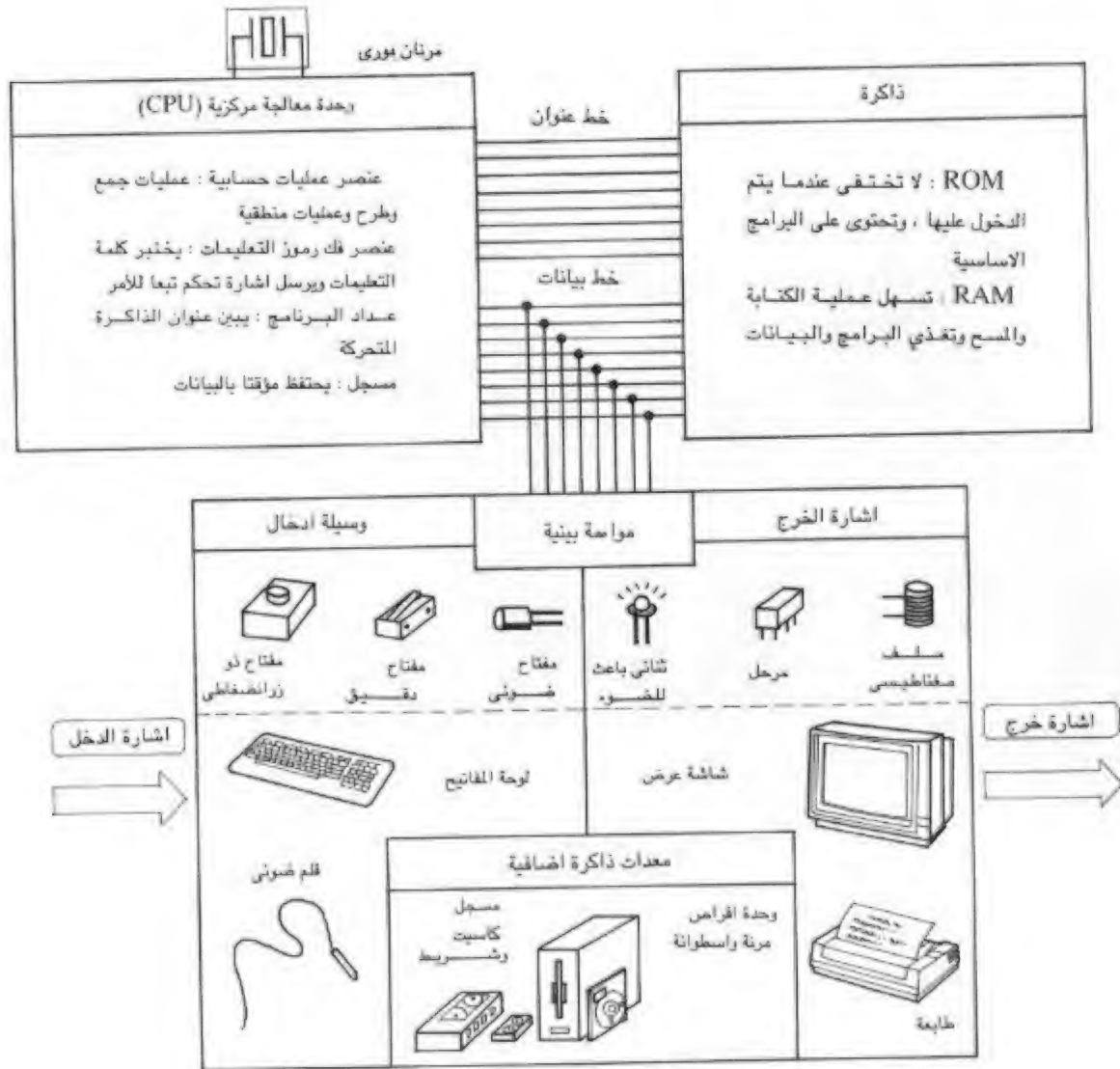
الحاسب الدقيق عبارة عن جهاز عام ، غير أنه ، يمكن أيضاً أن يستخدم كمعدة خاصة، وذلك بإدخال برامج معينة في الذاكرة، من البداية ، لأداء عمل معين ،



الشكل ١٠ - ١ دائرة الكترونية لكاميرا ذات ضبط بؤري أوتوماتيكي
تحتوى على معالج دقيق

١. - ١ - ٣ آلية الحاسب الدقيق

يبين الشكل ١٠-٢ ، المكونات الأساسية للحاسب الدقيق .



الشكل ١٠-٢ المكونات الأساسية للحاسب الدقيق

[١] وحدة المعالجة المركزية (CPU) Central Processing Unit

وتتكون من وحدة العمليات الحسابية ، وفاق رموز الأوامر ، وعداد برامج ، ومسجلات ، ومركبات أخرى ، وهي تقوم بالتحكم في الحاسب بأكمله ، ووحدة المعالجة المركزية للحاسب الدقيق توجد علي رقيقة واحدة من أشباه الموصلات (VLSI) تسمى المعالج الدقيق Microprocessor .

وتقوم وحدة العمليات الحسابية بعمليات الجمع والطرح الثنائية، (ارجع إلى الفقرة ٣ - الجزء ٢- الفصل العاشر) ، والعمليات المنطقية مثل (AND) و (OR) كهربائياً .

وفاق رموز الأوامر له كلمات خاصة بالتعليمات ذات علاقة بالحاسب الدقيق. وعند إعطاء أحد التعليمات ، يقوم بفك رمزها ويخرج إشارة تحكم تتوافق معها . وتعمل المسجلات Registers ووحدة العمليات الحسابية وفقاً لهذه التعليمات، مثل إحضار البيانات والقيام بالحسابات بعد استقبال إشارات التحكم .

ويقوم عداد البرامج بتخزين عناوين الذاكرات التي سيتم دراستها فيما بعد عند تنفيذ برنامج الذاكرة . وتزيد قراءة العداد بواحد عند استقبال نبضات مرجعية من مذبذب كوارتز خارجي .

ويحتفظ المسجل بالأوامر والبيانات بصورة مؤقتة .

[٢] الذاكرة Memory

تتكون الذاكرة من RAMs, ROMs لتخزين البرامج الأساسية لتشغيل الحاسب الدقيق والبرامج الأصلية التي تحدد أساليب العمل والبيانات مثل الأعداد والحروف . وتخصص أرقاماً لأجزاء الذاكرة ، بحيث يمكن أخذ البرامج والبيانات الأخرى بسهولة منها . وتسمى هذه الأرقام بالعناوين .

[٣] أجهزة الدخل Input Devices

هي الأجهزة التي تستخدم لإدخال البرامج والبيانات إلى ذاكرة الحاسب الدقيق، وهي تشمل لوحة المفاتيح ، والأزرار الانضغاطية والمعدات الأخرى.

وتستخدم المواضع البينية Interfaces في توصيل الحاسب الدقيق بأجهزة الدخل والخرج ، كما تقوم بتوصيل المعدات ذات الأنظمة المختلفة للإشارات الكهربائية ،مع بعضها البعض.

[٤] أجهزة الخرج Output Devices

هي الأجهزة التي تخرج نتائج العمليات الحسابية للحاسب الدقيق أو البيانات المخزنة إلى الخارج وتشمل شاشات العرض ، والطابعات ، والمعدات الأخرى . وفي التحكم الرقمي ، تخرج إشارات التحكم إلى ثنائيات باعثة للضوء ومرحلات .

وفي أجهزة الذاكرة الإضافية ، تخزن البرامج والبيانات في شرائط وأقراص مرنة Floppy Disks باستخدام مسجل كاسيت أو وحدة أقراص مرنة .أو صلبه Hard disk ويمكن أخذ البرامج والبيانات إلى الخارج واستخدامها عند الطلب أو تخزينها على القرص الصلب (HD).

١٠-٢ أساسيات الحاسب الدقيق

١٠-٢-١ الإشارة الثنائية Binary Signal

يُنظر "0" ، "1" في الإشارات الرقمية ، حالة "إطفاء" ، و «إضاءة» مصباح كهربائي، على سبيل المثال ، والإشارات التي تُعبّر عن معلومتين كما في هذه الحالة ،تسمى

إشارات ثنائية (بت) (Bit) . ويتم تداول الإشارات الثنائية (0 أو 1) كأقل وحدة معلومات داخل الحاسبات، وتسمى كل واحدة منهم « بت » Bit . والمعلومات مثل الأعداد والحروف والتي يتم التعبير عنها بواسطة ثنائيات مستمرة، تسمى بايت Byte. ويتكون كل بايت من ثمانية (بتات) . ولأجهزة الذاكرة في الحاسب ترتيبات تستخدم بايت واحدة كوحدة . وكل وحدة من هذه الوحدات تسمى عنوان Address، (انظر الشكل ١٠ - ٣).

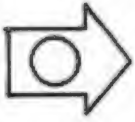
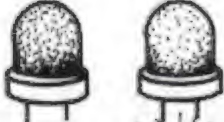
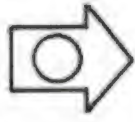

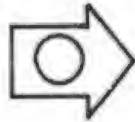

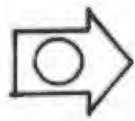

إذا ومضَ ثنائيان باعثنان للضوء (LEDs)، يمكن الحصول على أربع تجميعات للمعلومات مع ثنائيين ، كما في الشكل ١٠-٤ . وإذا زاد عدد الثنائيات إلى 4 ، 8 ، ، يمكن الحصول على معلومات أكثر ، مثل تجميعة (2^4) 16 ، تجميعة (2^8) 256 ،

١٠-٢-٢ الرموز العشرية والثنائية Decimal and Binary Notations

تعتبر الرموز العشرية عن عشرة أنواع من الأعداد ، من صفر إلى 9 ، باستخدام العدد 10 كأساس . وتعتبر الرموز الثنائية عن نوعين من الأعداد هما صفر و 1 ، باستخدام العدد 2 كأساس ، ويزداد عدد الأماكن .

وحدة المعلومات / النوع	ثنائية		وحدة المعلومات / النوع	ثنائية	
	bit	0		bit	1
التيار	0	0 V	1	0	1
الجهد	0 V	0 V	مفتاح	0	1
ثنائي باعث للضوء	اطفيء المصباح	احتراق	ترانزستور	قطع	مرور

الشكل ١٠ - ٣ طريقة التعبير عن الاشارات الثنائية

المعلومات	ثنائي باعث للضوء (LED)	البيان بواسطة 1 . 0
		0 0
		0 1
		1 0
		1 1

الشكل ١٠-٤ بيان ثنائيين (Two - Bits)

وعلى سبيل المثال ، فإن "1010" بالرموز الثنائية والعشرية، يكون له العلاقة التالية :

[أرقام ثنائية]

$$\begin{aligned}
 1010_{(2)} &= \boxed{1} \times 2^3 + \boxed{0} \times 2^2 + \boxed{1} \times 2^1 + 0 \times 2^0 \\
 &= 1 \times 8 + 0 \times 4 + 1 \times 2 + 0 \times 1 \\
 &= 8 + 2 = 10_{(10)}
 \end{aligned}$$

[أعداد عشرية]

وفي الرموز العشرية ، توزن الأعداد 10^0 ، 10^1 ، 10^2 ، ... بدءاً من الأماكن الأقل، بينما في الرموز الثنائية توزن الأعداد: 2^0 ، 2^1 ، 2^2 ، ...

وتتميز الأعداد العشرية والثنائية بوضع رمز سفلي أو دليلي (10) و(2) بعد الأعداد ، على التوالي .

١-٢-٣ الأرقام العشرية والثنائية والسداسية العشرية

Decimal , Binary and Hexadecimal Digits

[١] التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية

عند التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، تتم قسمة الرقم العشري المعطى على اثنين ويتم حساب المتبقي كل مرة، ويتم الترتيب بالتتابع ، بدءاً من الأماكن الأقل .

مثال ١

حول الرقم العشري 12 إلى أرقام ثنائية.

2)	$\begin{array}{r} 12 \\ \hline \end{array}$	0	المتبقى	
2)	$\begin{array}{r} 6 \\ \hline \end{array}$	0		
2)	$\begin{array}{r} 3 \\ \hline \end{array}$	1		
				$\downarrow \downarrow \downarrow$ $1 \quad 1 \quad 0 \quad 0$

ولهذا فإن

$$12_{(10)} = 1100_{(2)}$$

[٢] التحويل من أرقام ثنائية إلى أرقام عشرية

كما في التحويل من الأرقام العشرية إلى الأرقام الثنائية ، يتم الحصول على حاصل ضرب الرقم (1، 0) في الوزن (2^n) في كل موضع من الأرقام الثنائية المعطاة ، ويحسب مجموعهم .

[٣] الأرقام السداسية العشرية

باستخدام أربعة ثنائيات ، يمكن إعداد 16 تكوين من الأعداد : 0000 إلى 1111. وكما في الجدول ١٠-١ ، تناظر الأعداد، الأعداد من صفر إلى 9 والحروف الأبجدية تقوم بالتعبير عن الأرقام السداسية العشرية. والأرقام السداسية العشرية مناسبة لمعالجة المعلومات ذات الأربع ثنائيات .

عشري	ثنائي	سداسي عشري	عشري	ثنائي	سداسي عشري
0	0000	0	8	1000	8
1	0001	1	9	1001	9
2	0010	2	10	1010	A
3	0011	3	11	1011	B
4	0100	4	12	1100	C
5	0101	5	13	1101	D
6	0110	6	14	1110	E
7	0111	7	15	1111	F

الجدول ١٠ - ١ التوافق بين الأعداد العشرية والثنائية والسداسية العشرية

مثال ٢

عبر عن 0111100011111010 ذي الـ 16 ثنائية في صورة رقم سداسي عشري.

$$\begin{array}{cccc} 0111 & 1000 & 1111 & 1010 \\ \hline 7 & 8 & F & A \end{array}$$

ولهذا، فإن :

$$0111100011111010_{(2)} = 78FA_{(16)}$$

(الرمز السفلي الدليلي (16) يبين الأرقام السداسية العشرية).

تمرين ١

حول الأعداد العشرية التالية إلى أرقام ثنائية وبالعكس .

$$10111_{(2)} \quad (٣) \quad 100_{(10)} \quad (٢) \quad 25_{(10)} \quad (١)$$

$$11010100_{(2)} \quad (٤)$$

تمرين ٢

حول الأرقام الثنائية التالية إلى أرقام سداسية عشرية وبالعكس .

$$4C38_{(16)} \quad (٢) \quad 1011000111100011_{(2)} \quad (١)$$

١٠-٢-٤ الدائرة المنطقية Logic Circuit

داخل الحاسب ، تناظر الأرقام الثنائية 1,0 الحالات عند عدم تطبيق جهد، وعند تطبيق جهد ، على الترتيب . وتشغيل وحفظ هاتين الإشارتين يسمى العملية المنطقية. والجبر الذي يعبر عنه بإشارات ثنائية يسمى الجبر المنطقي. والدائرة المنطقية هي دائرة أليكترونية تعبر عن الجبر المنطقي ، وهي تشمل الدوائر التالية:

[١] دائرة (AND) (بوابة)

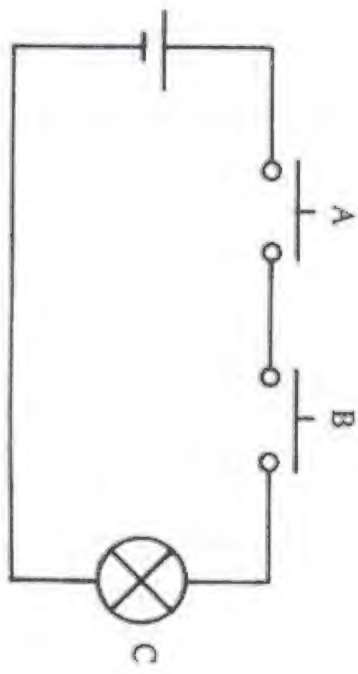
وهي دائرة للتأكد من حالة «إضاءة» أو «إطفاء» المصباح C عند توصيل مفاتيح الأزرار الانضغاطية A, B للملامس a على التوالي، كما في الشكل ١٠-٥ (أ) . وعند الضغط على A أو B فقط ، لا يضيء المصباح C . ويضيء المصباح C فقط عند الضغط على المفاتيح B و A في نفس الوقت .

والجدول الذي يبين العلاقة بين الدخول A, B والخرج C ، كما في الشكل (ب) ، بفرض أن الحالات التي يكون فيها المفتاح مضغوطا وغير مضغوط هي "1" و "0" ، يسمى « جدول القيم المنطقية » (جدول الحقيقة) (Truth table).

وفي دائرة (AND) يعبر عن الجبر المنطقي بواسطة $C=A.(and)$ B، ويسمى الناتج المنطقي ، وتتضح الرموز المنطقية في الشكل (ج) .

[٢] دائرة (OR) (بوابة)

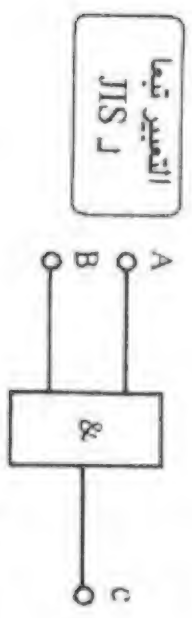
كما يظهر في الشكل ١٠-٦ (أ) ، فإن دائرة (OR) هي دائرة للتأكد مما إذا كان المصباح C مطفئاً أو مضاءً عند توصيل المفاتيح A, B للملامس a على التوازي. ويضيء المصباح عند الضغط على أي من المفاتيح A أو B، أو عند الضغط على A, B في نفس الوقت .



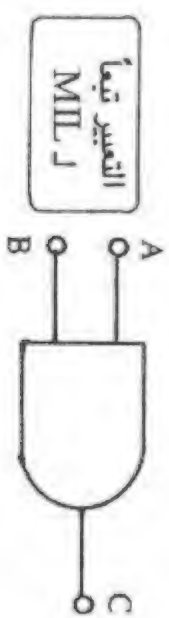
(أ) دائرة (AND)

الدخل		الخروج
A	B	$C = A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

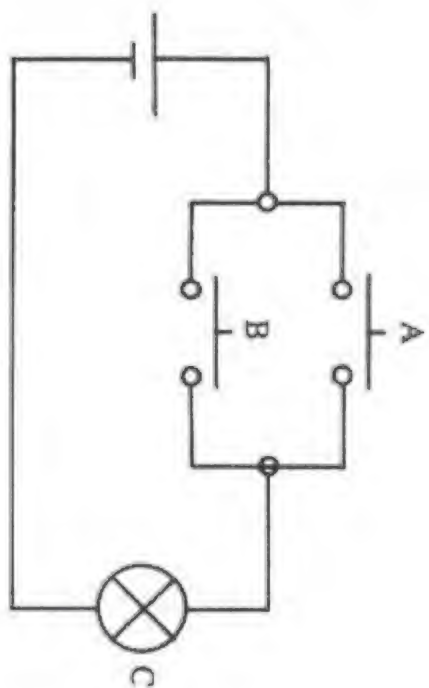
(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)



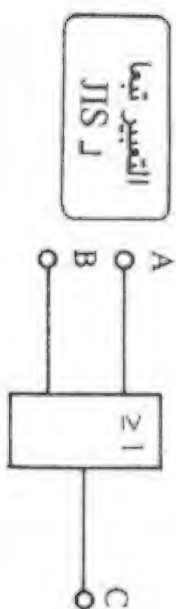
(ج) الرمز المنطقي



المشكل ١٠ - ٥ دائرة (AND)

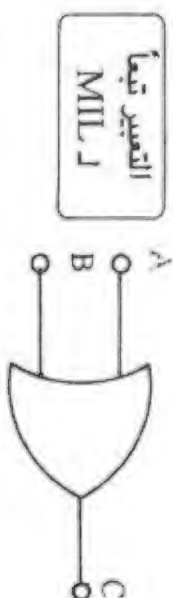


(أ) دائرة (OR)



الداخل		الخروج
A	B	$C = A + B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)



(ج) الرمز المنطقي

الشكل ١٠ - ٦ دائرة (OR)

ويعبر عن الدائرة التي يكون خرجها C مساوياً لـ 1 ، إذا كان أى من دخولها A أو B أو A و B معاً في نفس الوقت مساوياً لـ 1 ، بالعلاقة $C = A \text{ OR } B$ وتسمى (OR) .

وتبين الأشكال (ب) ، (ج) ، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (OR) .

[٣] دائرة (NOT)

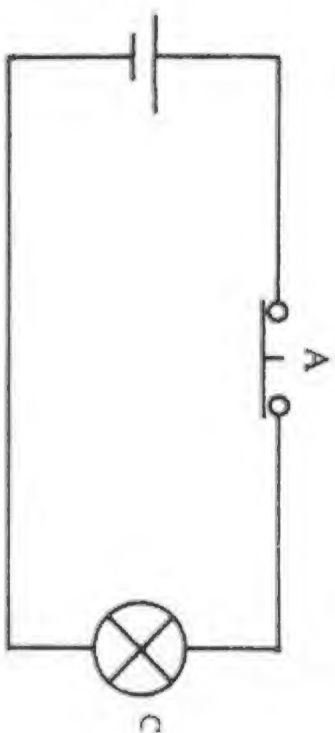
دائرة (NOT) هي الدائرة التي تستخدم مفتاح الزر الانضغاطي A للملامس b ، كما في الشكل ١٠ - ٧ (أ) ، ويكون المصباح C مضاءً ، ولكنه ينطفئ عند الضغط على المفتاح A . ويكون للمفتاح والمصباح العلاقة (NOT) في هذا الوقت .

وتبين الأشكال ، (ب) ، (ج) ، جدول القيم المنطقية والرموز المنطقية لدائرة (NOT) .

١٠-٢-٥ دائرة الجمع Addition Circuit

تبنى جميع الحسابات داخل المعالج الدقيق على أساس جمع الأرقام الثنائية، وتجرى حسابات القسمة والضرب أيضاً بالتعويض عنهما عن طريق الجمع والطرح .

وفيما يلي إضافة عدد ثنائي ذي موضع واحد يتكون من الحالات الأربعة التالية :



(أ) دائرة (NOT)

المدخل	المخرج
A	A C=A
0	1
1	0

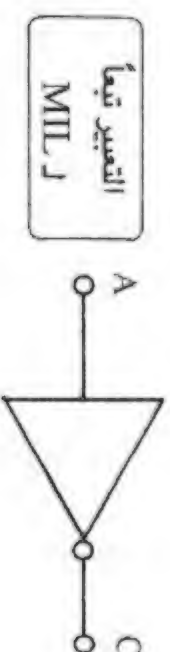
(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

(NOT A : اقرأ A)



التعبير بـ JIS

(ج) الرمز المنطقي



التعبير بـ MIL

الشكل ١٠ - ٧ دائرة (NOT)

A	0	0	1	1
B	+0	+1	+0	+1
CS المجموع	0	1	1	1 0
				↑
				(حمل)

ونتيجة جمع $1+1$ هي 10 ، وقيمة نفس الموضع هي 0 ، وهي تبين أنه قد حدثت عملية حمل (ترحيل) مرة واحدة. وكنتيجة لهذا، يبين الشكل ١٠-٨، الدائرة المنطقية ، وفيها الخرج S والحمل C .

وتسمى الدائرة التي تقوم بالجمع في هذه الحالة ، بدائرة الجمع النصفية. والجبر المنطقي للخرج S هو $(A.B)$. $S = (A+B)$ ، والجبر المنطقي للترحيل (الحمل) C هو $C = A.B$.

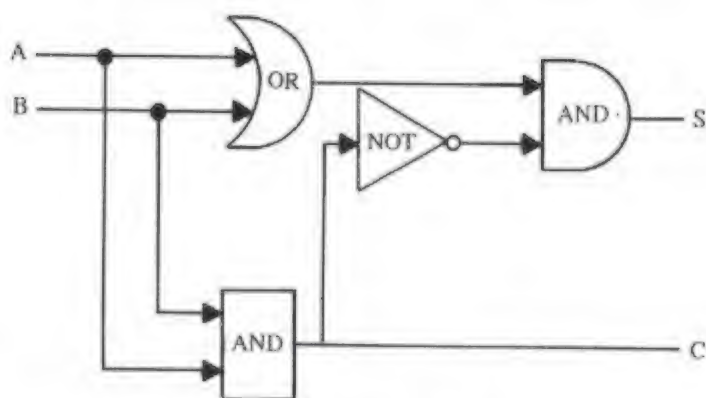
ويجب أيضاً جمع أرقام الترحيل (الحمل) ، من المواضع الأقل ، وذلك لجمع أرقام ثنائية ذات أكثر من موضعين . ولذا، يلزم وجود دائرة جمع بثلاثة أطراف دخول ، وتسمى هذه الدائرة دائرة الجمع الكامل .

١٠ - ٣ مخطط سير العمليات Flow Chart

١٠-٣-١ رموز مخطط سير العمليات

يجب أن تعطى خطوات العمليات بالتفصيل عندما يُطلب من الحاسب أن يقوم بأداء عمل ما . ويقوم مخطط سير العمليات بتخطيط خطوات العمليات للتبسيط .

ويتم إعداد مخطط سير العمليات قبل عمل البرامج التي تحدد العمليات، وذلك لتوضيح العلاقات البينية للأوامر وتقليل أخطاء البرنامج.



(أ) دائرة الجمع النصفى

الدخل		المخرج	
A	B	S	C
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

(ب) جدول القيم المنطقية (جدول الحقيقة)

الشكل ١٠-٨ دائرة الجمع النصفى Half - addition Circuit

الرمز	الاسم	المعنى
	نهاية / أو بداية	يبدأ البداية والنهاية والتوقف والإنقطاع
	إستعداد	يبدأ الإستعداد بضبط القيمة الإبتدائية والتغيير
	دخل / خرج	يبدأ وظيفة إدخال المعلومات أو وظيفة إخراج المعلومات لتسجيل المعلومات التي تم معالجتها بالكامل
	إدخال يدوي	يعنى إدخال المعلومات عن طريق لوحة المفاتيح ومفاتيح الأزرار الإنضغاطية يدوياً
	معالجة (عملية)	يعبر عن جميع وظائف المعالجة
	حكم / تحقق من شرط	يعني الحكم الذي يحدد أي المسارات (من بين عدة مسارات) يُتبع ، أو يحدد عملية التغيير
	وثيقة	يبدأ وظيفة الدخل والخرج لكتابة وثيقة
	عرض	يمثل وظيفة الدخل/الخرج لعرض المعلومات كصورة على جهاز العرض

إرجع إلى (JIS C 6270 - 1975)

الجدول ١٠ - ٢ الرموز الأساسية في مخطط سير العمليات

١٠-٣-٢ كيفية كتابة مخطط سير العمليات

يكتب مخطط سير العمليات الذي يبين ترتيب العمليات تبعاً لتتابع العمليات من أعلى إلى أسفل مع استعمال أسهم . وتشمل مخططات سير العمليات : مخططات سير العمليات الخطية بدون تفرعات، ومخططات سير العمليات التكرارية ، كما في الشكل ١٠-٩ .

وتتفرع مخططات سير العمليات التكرارية عن طريق إتخاذ قرار، بعد تنفيذ عدد N من التكرارات .

١٠-٣-٣ تنفيذ العمليات Instructions

توضح الأشكال ١٠-١٠ ، ١٠-١١ ، سريان (انسياب) إشارة محددة داخل الحاسب الدقيق عند تنفيذ عملية جمع .

١٠-٤ لغات البرامج Program Languages

١٠-٤-١ لغات البرامج

تسمى - بشكل عام - المعرفة اللازمة لاستخدام الحاسب بالكامل «البرامج» Software . وللبرامج لغات ، وهي تمكّن الحاسب من أن يفهم وأن ينفذ ما يطلب منه وفقاً للطرق المطلوبة للتنفيذ .

واللغات الرئيسية للبرامج هي كما يلي :

مثال ٣

ارسم مخططاً انسيابياً لحساب مجموع الأرقام من 1 إلى N.

الشرح

- 1- طرف : يبين بداية البرنامج
- 2- الإعداد : اجعل إعادة الضبط = صفر
- القيمة : إجمالي العدد و S
- 3- الدخول : أدخل العد المتكرر N عن طريق المفاتيح .

مثال : دخل N=3

- 4- أدخل A+1 إلى العداد أو في مجموع S ، وأضف قيمة المرة الأخيرة لـ S والعداد .

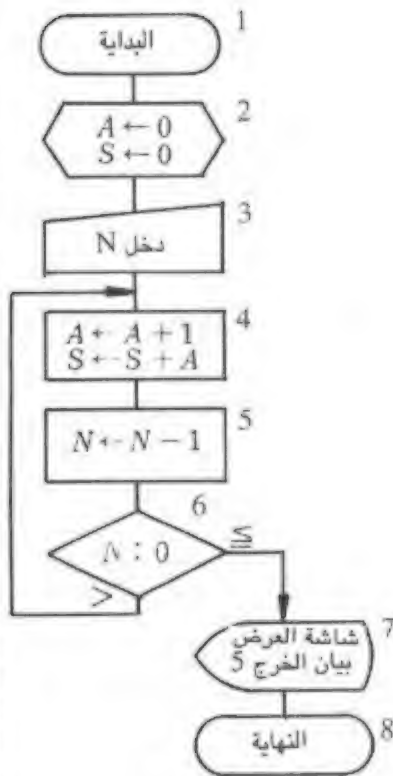
- 5- الإدارة عند التنفيذ ، يضبط الزمن حتى N

- 6- القرار : إذا كانت قيمة N أكبر من الصفر (N>0) ، عالج نفس القيمة مرة ثانية . وإذا كانت N=0 أو أقل ،

تكون بذلك النهاية

- 7- الخرج : أخرج مجموع ما تم حفظه في الذاكرة على شاشة العرض

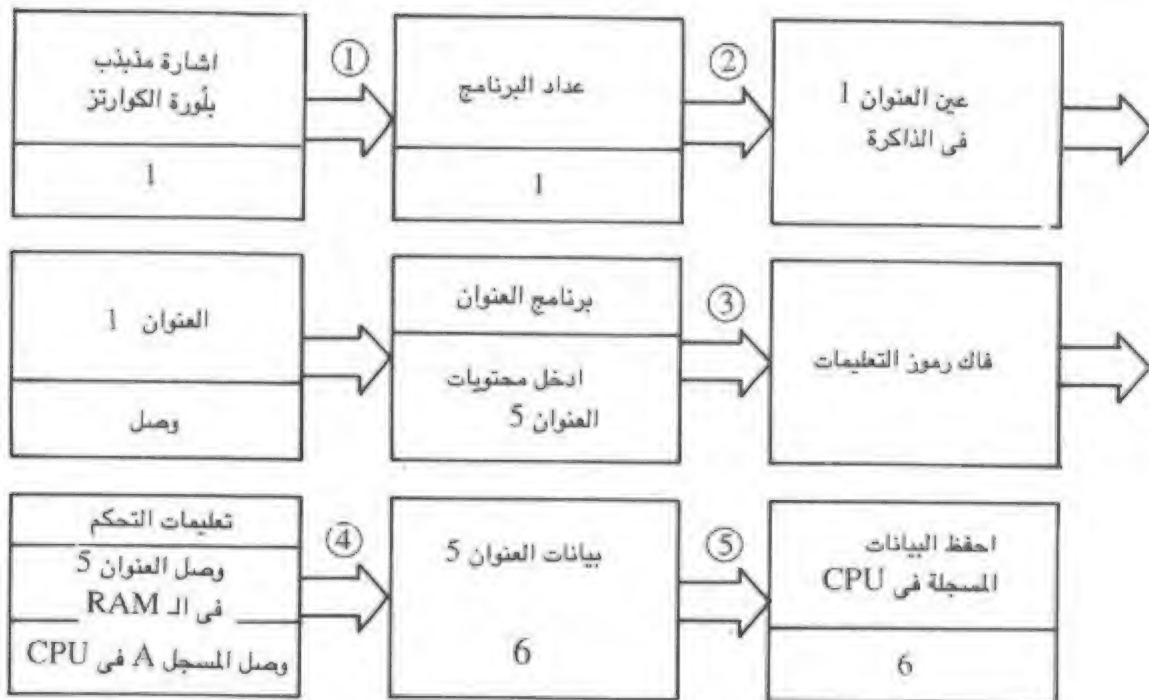
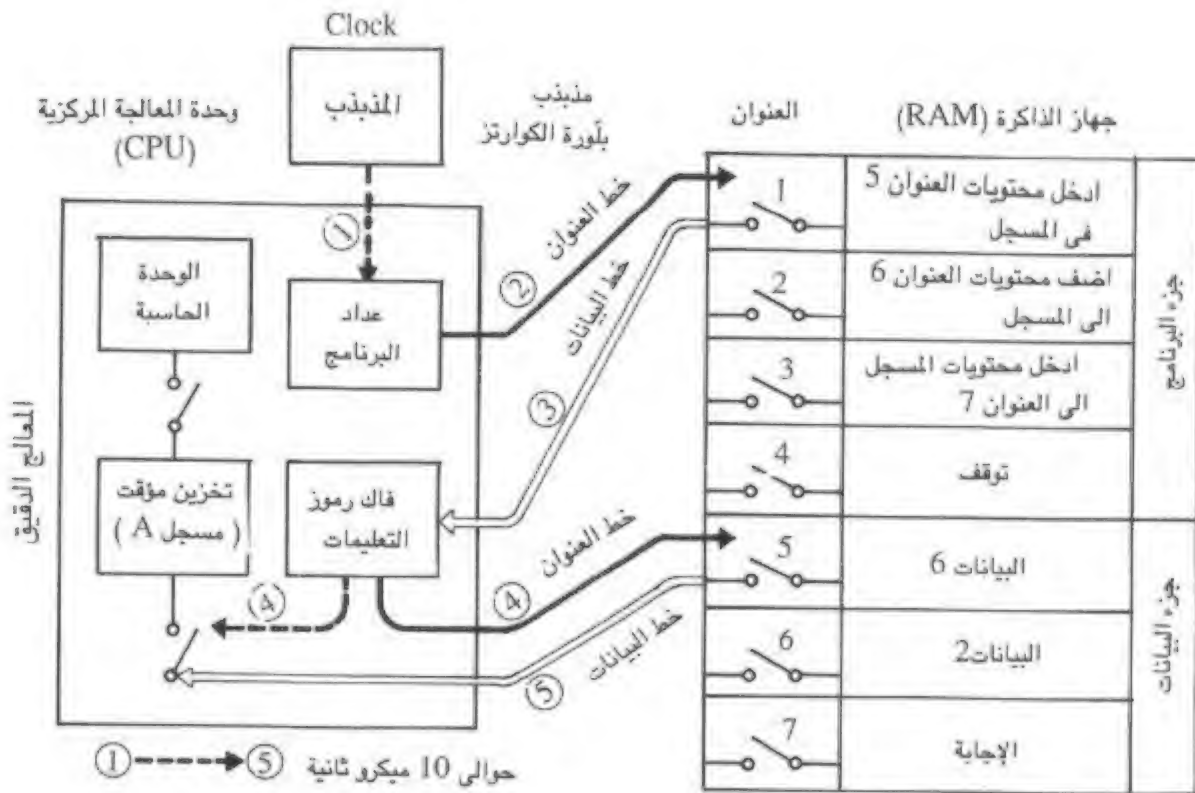
- 8- طرف : ينتهي تنفيذ البرنامج



عملية التنفيذ (عندما يكون الدخول N=3)

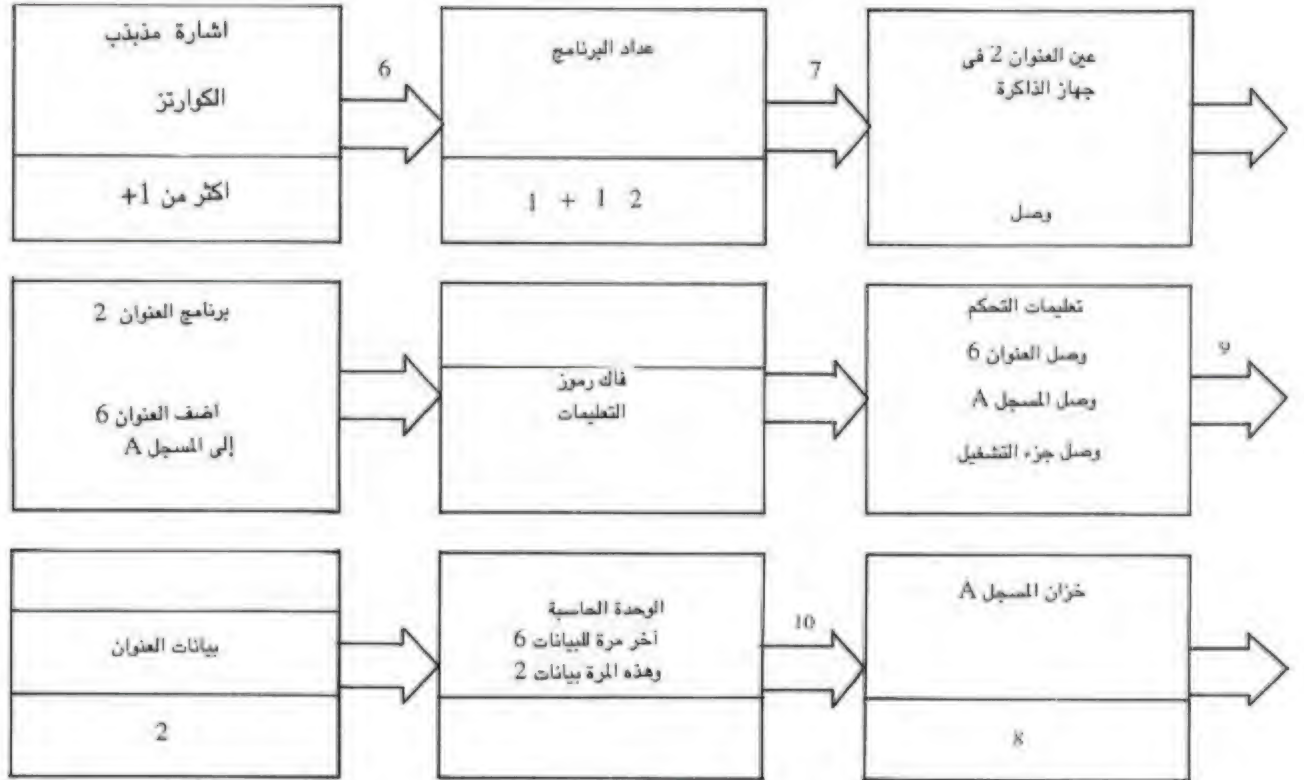
الخرج	القرار	قيمة N	قيمة S	قيمة A	عدد المرات
6	$N > 0$	3	0	0	الإعداد
	$N > 0$	2	1	1	1
	$N > 0$	1	3	2	2
	$N = 0$	0	6	3	3

الشكل ٩-١٠ مخطط سير العمليات التكراري



الشكل ١٠-١٠ سريان الإشارة في الحاسب الدقيق (أ)

وعلاوة على ذلك ، تعاد نفس العملية من العنوان 3 للبرنامج
 بإشارة +1 من المرتان البُورى ، وتسجل الإجابة 8 فى
 العنوان 7 ، وتنتهى العملية التتابعية بإيقاف البرنامج عند
 العنوان 4 بآخر اشارة + 1



الشكل ١٠-١١ سريان الإشارة فى الحاسوب الدقيق (ب)

(أ) لغة الآلة Machine language

وهي اللغة التي تمكّن الحاسب من أن يفهم مباشرة وبشكل عام ، هي تجميعات من الأرقام الثنائية 0, 1. وهذه اللغة معقدة وصعبة في التعامل معها. ويلزم وجود مهارة لكتابة برامج بها .

وعند التعامل مع لغة الآلة ، تقسم الأرقام الثنائية إلى مجموعات ، كل منها ذات أربعة أماكن ، بدءاً من المواضع الأقل ، ويتم التعبير عنها بالأرقام السداسية العشرية ، مثل

F, E, D, C, B, A, 9, , 2 , 1 , 0

(ب) لغة التجميع Assembler Language

يمكن كتابة البرنامج وتصحيحه بسهولة عند استخدام رموز ذات معاني بلغة واحدة للتعبير. وتسمى هذه اللغة لغة التجميع ، وهي تناظر لغة الآلة بنسبة 1 : 1 ، (الشكل ١٠-١٢)

وهذه اللغة سهلة نسبياً عند استخدامها، وتستخدم لكتابة برنامج لغة الآلة قبل المعالجة . وتستعمل هذه اللغة في الحاسبات الدقيقة ذات سعة ذاكرة صغيرة ، وفي حاسبات التحكم والبرامج التي تتطلب سرعة .

(ج) لغة البيسك BASIC Language

وقد تطورت هذه اللغة كبرامج يمكن أن يتعامل معها أي شخص. وهي تستخدم لغة انجليزية بسيطة، وهي لغة مناسبة وتستخدم للتعامل بين الآلة والإنسان . وعند تشغيل لغة البيسك ، فإن جملة واحدة خاصة بالتعليمات تتغير إلى عدة جمل من تعليمات لغة الآلة داخل المعالج عند تنفيذها، وبهذا تكون سرعة المعالجة بطيئة.

والحاسب الدقيق الذي يُستخدم مع برامج أساسية لمعالجة لغة البيسك، ويكون مثبتا معه شاشة عرض وطابعة يسمى، عادة ، الحاسب الشخصي .
وتشمل اللغات الأخرى الفورتران ولغة السي C .
وفي مقابل البرامج ولغاتها Software ، يسمى جهاز الحاسب نفسه بالمكونات المادية Hardware .

لغة الآلة	لغة الآلة	لغة التجميع
(الرموز الثنائية)	(الرموز السداسية العشرية)	
0 1 1 1 1 0 0 0	7 8 (16)	L D A B ⇔

هذا المثال يبين طريقة عرض التعليمات الخاصة بإرسال محتويات المسجل B إلى المسجل A في النموذج $\mu P Z-80$ للغة التجميع

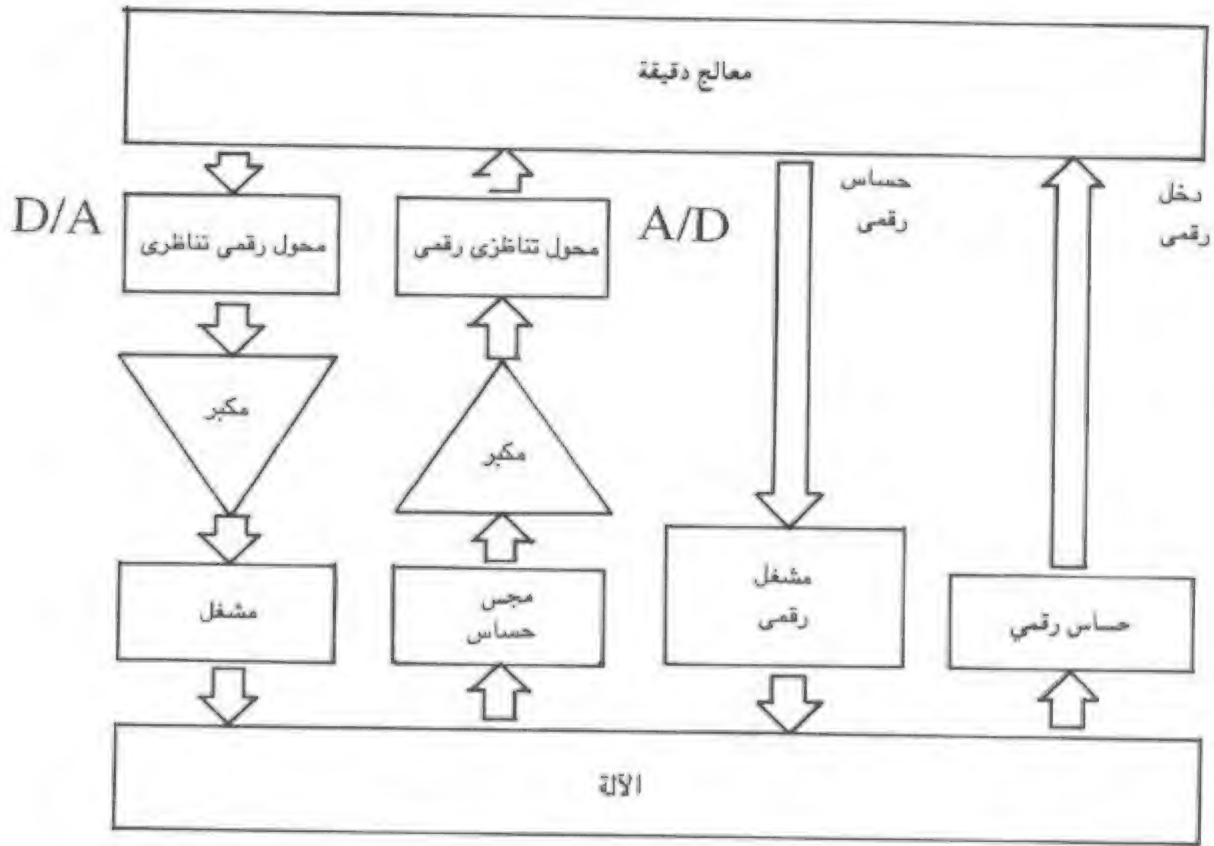
الشكل ١٠-١٢ مثال للغة التجميع

١٠ - ٥ تطبيقات الحاسب الدقيق

١٠ - ٥ - ١ التحكم في الآلة عن طريق معالج دقيق

يبين الشكل ١٠-١٢، نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق.

ويقوم الحساس بالكشف عن المعلومات من الخارج ،وهي أساسا كميات طبيعية، ويحولها إلى إشارات فتظهر كميات كهربائية . وعند استخدام المعالج الدقيق للتحكم الآلي ، يكون في غاية الأهمية أن ننتقي (نختار) مجسات مناسبة خاصة، وأن نقوم بتطوير المجسات Sensors ذات الخصائص الضرورية في بناء أنظمة التحكم .



الحساس : يقوم الحساس بالكشف عن :
كل وضع للآلة مثل : الازاحة - السرعة - العجلة - الضغط -
درجة الحرارة - أى معلومات أخرى .
مشغل رقمي : محرك خطوى
حساس رقمي : مشفر دوار - مفتاح حدى - الخ ..

الشكل ١٠-١٣ نظام التحكم في الآلة باستخدام معالج دقيق

١٠-٥-٢ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح

دعنا ندرس طريقة للتحكم في إضاءة وإطفاء مصباح دقيق يعمل بجهد 5 فولت، وبتيار 100 ملي أمبير عن طريق معالج دقيق . يبين الشكل ١٠-١٤ الرسم التخطيطي الوظيفي لشكل الحاسب الدقيق.

ويتم وضع البرنامج ، بحيث تصبح البوابة A (للمواعة البينية دخل/ خرج) بوابة دخل وتصبح البوابة B كبوابة خرج .

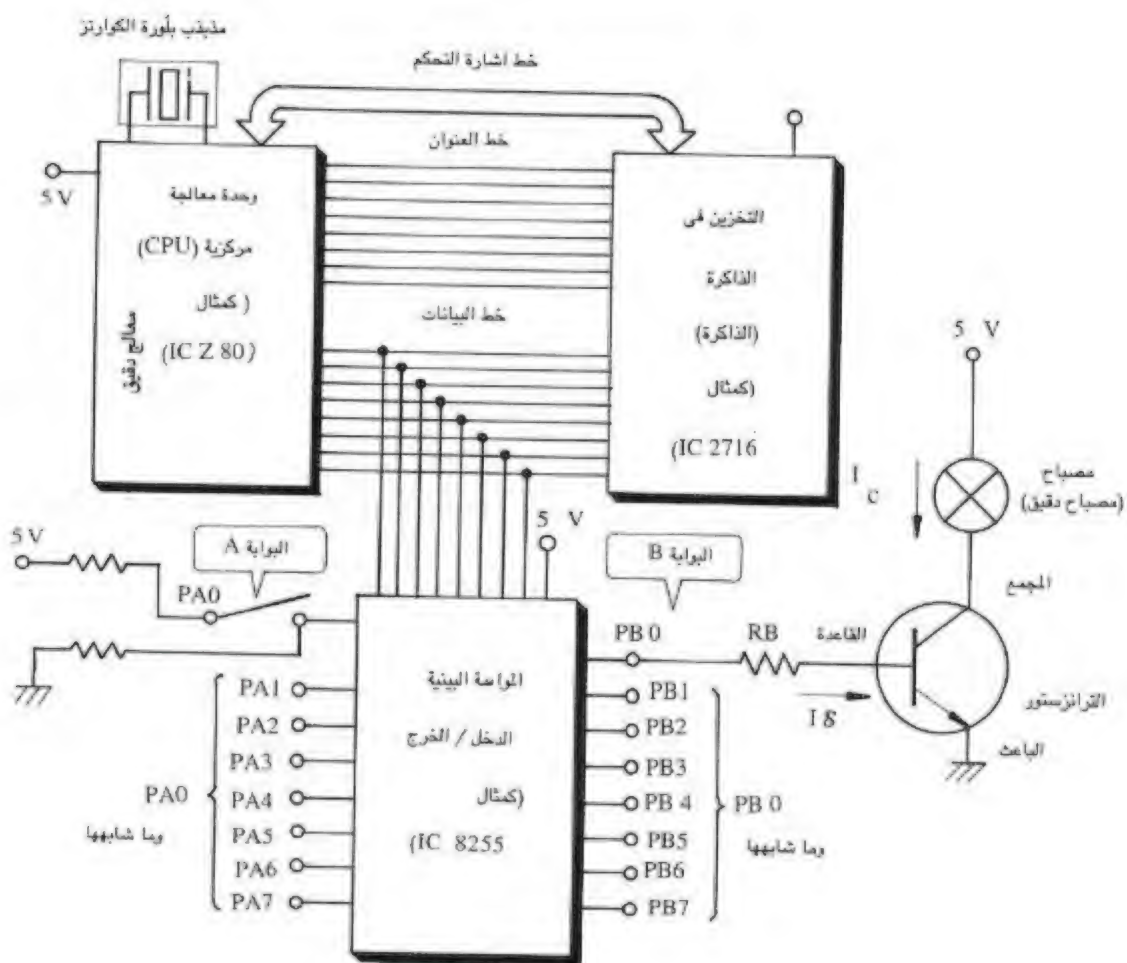
وبإجراء اختيار عشوائي للمفاتيح من PA0 إلى PA7 على جانب البوابة A ،وبتعيين عناوين في الذاكرة لتبديل وصل/فصل ، مع توصيل أسلاك إشارة التحكم إلى الذاكرة في حالة «كتابة» ، تكتب ثمان ثنائيات 10101010 . وينفس الطريقة ، تستمر كتابة البرامج والبيانات في أجهزة الذاكرة .

بعد ذلك ، ينفذ البرنامج من العنوان المعين في الذاكرة ،وتكون كل ثنائية في البوابة B خرجاً ب 1 و 0 عند فواصل زمنية عشوائية . فإذا كان الخرج 1 يخرج جهد 5 ، بحيث يطبق على قاعدة الترانزستور للحصول على حالة استمرار بين المجمع والباعث . ويمر تيار I_C ، ويضاء المصباح الدقيق .

وللتحكم في خرج كل ثنائية للبوابة B ، توضع المعلومات اللازمة لتكون خرجاً للبوابة B في الثمان ثنائيات للمسجل A داخل وحدة المعالجة المركزية. ثم يعطى الأمر الذي يكون خرجاً للبوابة B ، إلى الحاسب الدقيق عن طريق برنامج .

وعلى سبيل المثال ، بوضع الأرقام الثنائية 00000011 والأرقام السداسية العشرية 03 في المسجل A ، وبإخراجها إلى البوابة B ، تتم إضاءة المصباحين الدقيقين المتصلين مع PB_1, PB_0 .

ولإبقاء حالة الإضاءة لزمان معين ، يجب تكرار حسابات طرح 1 من عدد، داخل الحاسب حتى يصبح العدد صفراً .



الشكل ١٠-١٤ التحكم في إضاءة وإطفاء مصباح كهربائي

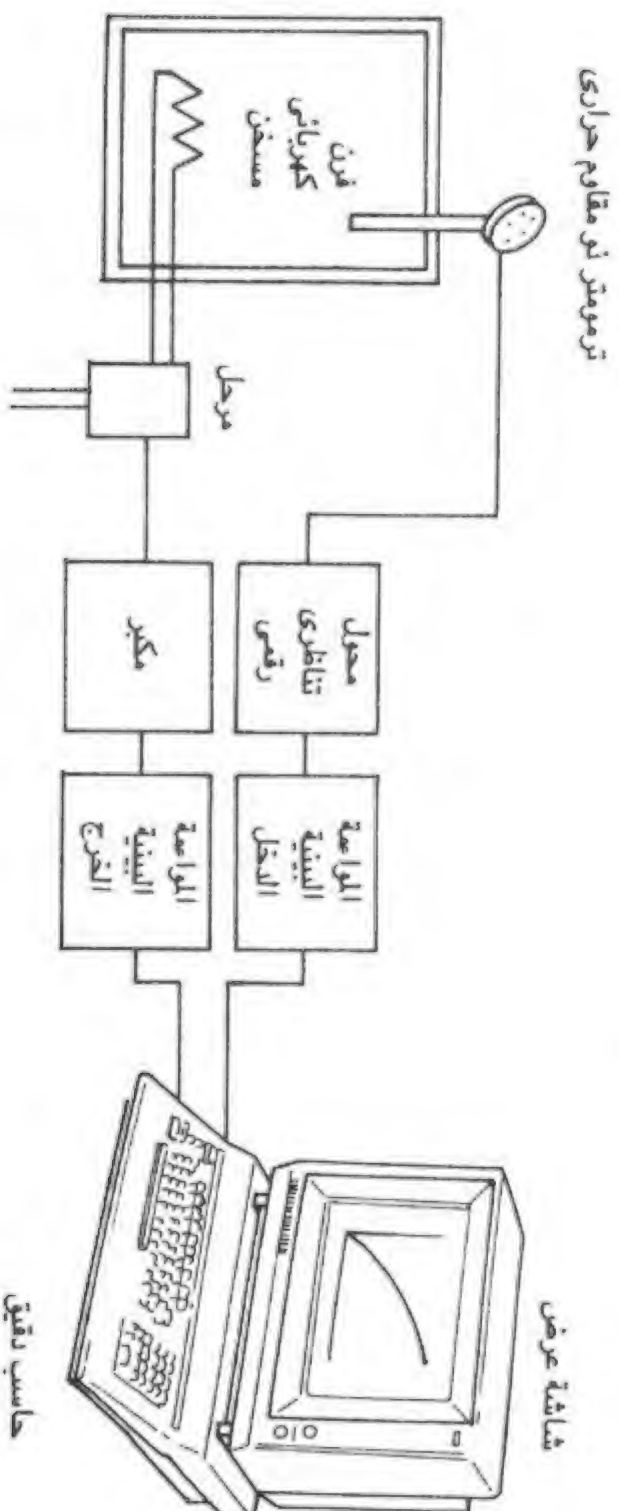
فعلى سبيل المثال ، بإدخال الرقم السداسي العشري FF في المسجل D داخل وحدة المعالجة المركزية، وبتنفيذ البرنامج ،يحدث تكرار عدة دورات مقدارها $255 = 16 \times 16 - 1$ (دورة) وبذلك تتم المحافظة على الزمن ، ويتحدد هذا الزمن بواسطة فترة مذبذب كوارتز .

١٠ - ٥ - ٣ التحكم في درجة حرارة فرن Electric Furnace

كما يتضح في الشكل ١٠ - ١٥ ، للتحكم في درجة حرارة الأفران الكهربائية ، يتم قياس درجة الحرارة عن طريق مقاومات حرارية ومزدوجات حرارية أو معدات أخرى ، وتؤخذ كإشارات تناظرية . وتتحول هذه الإشارات إلى إشارات رقمية عن طريق محول تناظري رقمي للمعالجة عن طريق الحاسب الدقيق.

وتستخدم شاشة عرض أو طابعة كجهاز خرج لإخراج البيانات . ويتم تكبير إشارات الخرج بتشغيل مرحل للتحكم في المسخن، وذلك للتحكم بالتغذية المرتدة من خلال عمل التحكم (أعمال وصل/فصل ، PID) تبعاً لبرنامج الدخل .

وبقياس درجة الحرارة بواسطة مقاوم حراري ، تحدث عادة أخطاء بنسبة مئوية صغيرة في درجة الحرارة . ولذلك ، يجب أن تتم معادلة الأخطاء في درجة الحرارة عندما يتطلب الأمر دقة عالية . ويتم معادلة أخطاء درجة الحرارة مسبقاً عن طريق برنامج في حالة استخدام الحاسب الدقيق .



الشكل ١٠ - ١٥ التحكم فى درجة حرارة فرن كهربائى

١٠- ٥- ٤ التحكم في محرك سيارة Automobile Engine Control

يبين الشكل ١٠-١٦ ، ترتيب نظام التحكم في محرك سيارة عن طريق معالج دقيق .

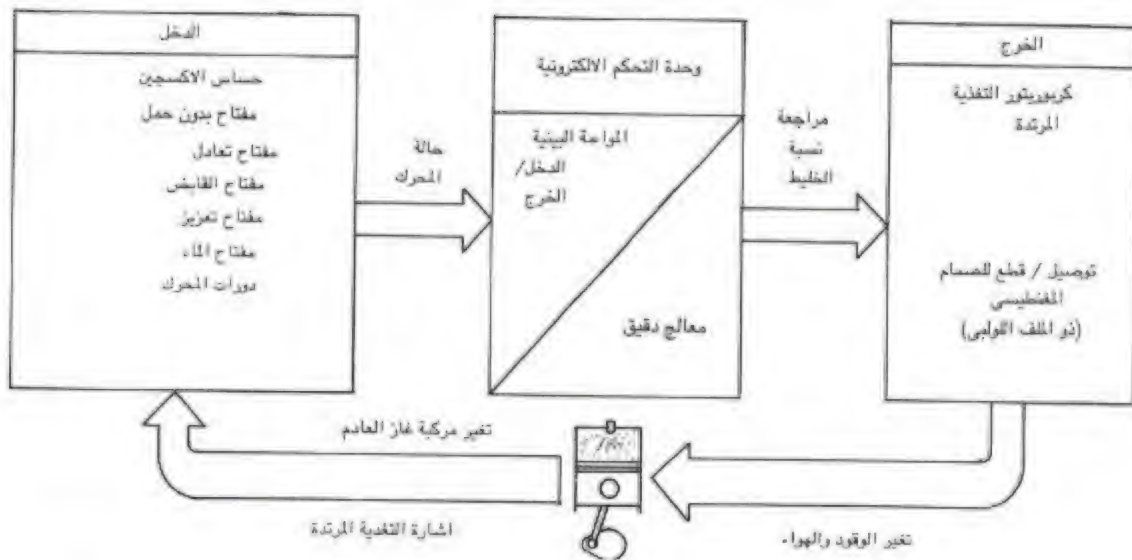
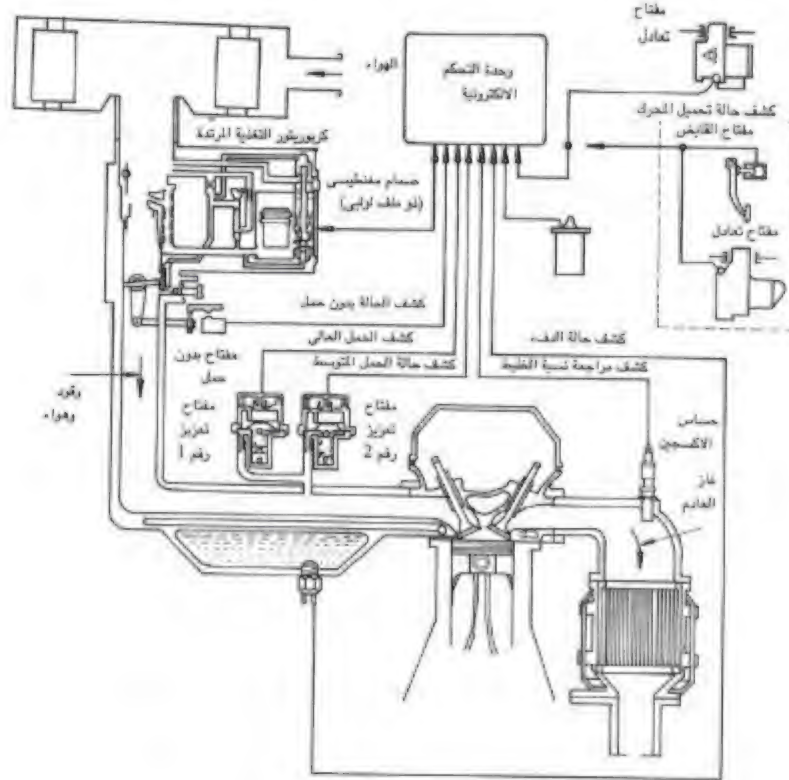
ولنظام التحكم كاشفات مختلفة للكشف عن حالة تشغيل المحرك ، وكثافة الأكسجين (O_2) في غازات العادم وبنود أخرى ، وكذلك وحدة تحكم الكترونية (تقوم بتكامل المواعمة البينية بين الدخل/ الخرج والحاسب الدقيق) تستقبل إشارات الدخل من الكاشفات ، وتحدد بدقة الكمية التي تعوض نسبة الخلط، وترسل إشارة خرج إلى الكربوريتر Car-burator، وتقوم بالتغذية المرتدة إلى الكربوريتر، الذي يصحح نسبة الخلط بعد استقبال إشارة الخرج .

ومع استقبال الإشارات ، يتحكم الكربوريتر في الحصول على نسبة الخلط النظرية بأعلى نسبة لنقاوة غاز العادم ، وذلك عن طريق فتح وغلق مسارات إضافية للهواء والوقود . ويعطي هذا مثالا لاستخدام المعالج الدقيق كجزء خاص للقيام بعمل محدد .

وقد تطورت أفكار مختلفة للتأكد من قيادة السيارات بأمان أكثر، وفي ظروف أكثر راحة . وهنا ، يلعب الحاسب دوراً هاماً أيضاً .

وبالإضافة إلى التحكم في الأجهزة المنزلية الكهربائية ، فقد اتسع تطبيق المعالجات الدقيقة ليشمل الروبوت الصناعي، والأجهزة الطبية، والاتصالات، ومعدات المكاتب والتعليم، وخدمات المعلومات المختلفة . وسيحقق الأداء المحسن للحاسبات الدقيقة والاستخدام المطور والمتقدم لتقنياتها زيادة في مدى التطبيقات إلى ما لا نهاية .

يكتشف حساس الأكسجين كمية الأكسجين في غازات العادم ويحدد ما إذا كانت نسبة الخليط خفيفة أو سميكة با
نسبة الخليط النظرية . وتكتشف مفاتيح عدم الحمل / التعادل / القابض / التعزيز ودرجة حرارة الماء حالات التشغيل
تحدد وحدة التحكم الالكترونية مقدار نسبة الخليط الصحيحة من اشارات الاحساس بالاكسجين والحساسات الاخرى
وترسل اشارات التصحيح الرقمية الى كروبيثور التغذية المرتدة



الشكل ١٠-١٦ التحكم في محرك سيارة

١٠ - ٦ الروبوت الصناعي Industrial Robots

الروبوت هو أحد مجالات التحكم باستخدام الحاسبات الدقيقة ، التي تتقدم في الوقت الحالى بصورة خاصة . (في التصنيف الدولي لبراءات الاختراع، يعرف «الروبوت» على أن له وظائف عمل مرنة تشبه وظائف الأجزاء المتحركة في الأجسام البشرية، وله وظائف ذكية تُمكنه من التحرك تبعاً لمتطلبات الإنسان)، ومن أنواع الروبوت تلك التي تُستخدم ، بشكل رئيسي، في المصانع لتحسين الإنتاجية وتوفير العمالة البشرية. ويسمى الروبوت الصناعي .

١٠ - ٦ - ١ مكونات الروبوت الصناعي

كما يظهر في الشكل ١٠-١٧ ، فإن الروبوت الصناعي له وظائف تشبه الأطراف العلوية للإنسان، وهو مزود بأيدي وأذرع ليمسك قطعة التشغيل.

ويسمى هذا الجزء المُشغّل ويتكامل مع وحدة الإدارة التي تقوم بتحريك اليد والذراع . وتستخدم ثلاثة مصادر للقوة المحركة، هي الهواء وضغط الزيت والكهرباء . ويجب وجود وحدة تحكم Controller لجعل الروبوت يؤدي الأعمال المختلفة . وهذا الجزء يناظر المخ البشرى . ويناظر «جزء الكشف» أعضاء الإحساس البشرية مثل العين . ولا بد من توافره ليتمكن مفتاح التحكم من أداء الوظائف المعقدة .

ويجهّز الروبوت بأجهزة دخل وخرج لإعطاء التعليمات بالقيام بالعمل. وفي بعض أنواع الروبوت يُستخدم دخل وخرج صوتي.

ونادراً ما يستخدم هذا الروبوت الصناعي مستقلاً. وتقريباً تستخدم كلها، بضمها إلى المعدات والآلات التي تقوم بالعمل ، مثل آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، ومع المعدات المحيطة بها .

١٠-٦-٢ أنواع الروبوت الصناعي

يصنف الشكل ١٠-١٨، الروبوت الصناعي على أساس عمليات المُشغّل . ويصنف الجدول ١٠-٣، الروبوت الصناعي على أساس معلومات الدخل والتعلّم (تعلّم ماذا يجب عمله ؟ وكيف ؟) .

١٠ - ٦ - ٣ التحكم في الروبوت الصناعي

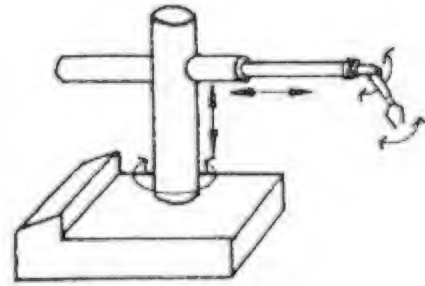
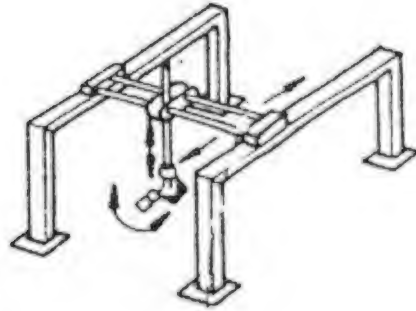
ولنأخذ مثالا لطريقة التحكم في الروبوت الصناعي باستخدام روبت الاستعادة Playback Robots ، المستخدم كروبوت صناعي بكميات كبيرة حالياً .

في البداية ، يقوم الإنسان بوضع الروبوت في حالة تعلّم ويقوم ببرمجة العمل ، فتتحرك «اليـد» إلى الوضع المطلوب ، بتشغيل المفتاح الموجود في صندوق التعلّم . وبالضغط على زر الذاكرة ، يتم تخزين المعلومات المختلفة عن العمل في المسار المبين في الشكل ١٠-١٩ . وعندما يكون الروبوت في وضع العمل ، يكون في حالة استعادة Playback ، وتعطي إشارة بدء START . فتتحرك اليد حسب البرنامج للقيام بالعمل . وأحد خصائص هذا التحكم هو تخزين البرامج المختلفة للعمل من أجل قطع تشغيل مختلفة.

١٠ - ٦ - ٤ المجسّات Sensors

تتناظر الحساسات الحواس الخمسة عند الإنسان، وهي تقوم بجلب المعلومات داخل وخارج الروبوت .

وتستخدم أنواع مختلفة من الحساسات في الروبوت الصناعي كما يظهر في الجدول ١٠ - ٤ .



١ - روبت احداثيات بزاوية قائمة

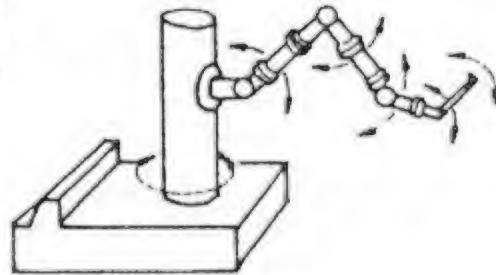
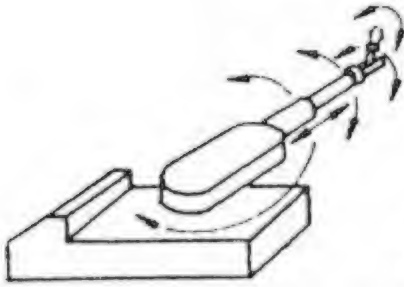
- سهل التحكم

- دقة عالية فى التشغيل

٢ - روبت احداثيات اسطوانية

- سهل التحكم

- دقة عالية فى التشغيل



٣ - روبت احداثيات قطبية

- مدى تشغيل كبير

- يحتاج الى تحويل الاحداثيات

والتحكم فى الوضع

٤ - روبت متعدد الوصلات

- توجد امكانية للاعمال المعقدة

- معقد وتوجد امكانية للتحكم

بدرجة عالية

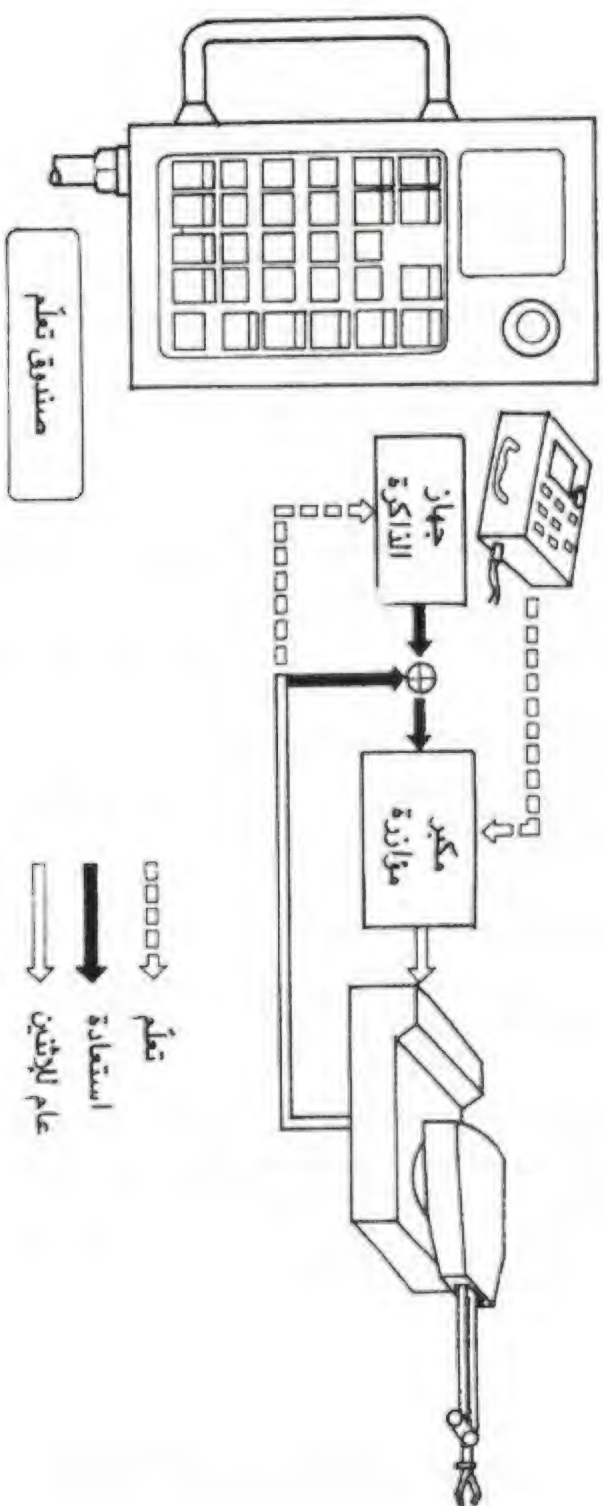
الشكل ١٠ - ١٨ تصنيف الروبوت الصناعى

على اساس عمليات المشغل

الإسم	التعريف
المُشغَل اليدوي	مُشغَل يتحكم فيه الإنسان
الـربوت بتتابع ثابت	مُشغَل يتقدم كل خطوة من خطوات العمل بالتتابع تبعاً للتتابع المقرر . وليس من السهل تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الـربوت بتتابع متغير	مثل السابق ، ولكن يمكن تغيير المعلومات المقررة عن الوضع والحالة
الـربوت استعادة	يستطيع المُشغَل أن يعيد العمل عدة مرات بقراءة ما يلزم، وهو يحتفظ في الذاكرة بتتابع التشغيل، ويقوم الإنسان بالتحكم في تحديد الموضع والمعلومات الأخرى والشرح للمُشغَل
الـربوت بـتحكم عددي	المُشغَل الذي يستطيع أن يعمل بالتعليمات العددية : ما هو التتابع والموضع والمعلومات الأخرى ؟
الـربوت ذكي	الـربوت الذي يستطيع أن يقرر الفعل الذي يقوم به ، عن طريق وظيفة حساس ووظيفة الفهم

(ارجع الى JIS B 0134 - 1979)

الجدول ١٠-٣ تصنيف الـربوت الصناعي على أساس معلومات الدخل والتعلم



الشكل ١٠ - ١٩ سريان اشارة التحكم في روبوت الاستعادة

الكمية الطبيعية	المجس	مثال للتطبيقات
الإضاءة	حساس ضوئي (ترانزستور ضوئي ، ثنائي ضوئي)	التعرف على الأجسام والمسارات
اللون	حساس ضوئي وكاميرا تليفزيونية ملونة مع مرشح للون	اختيار وتمييز الجسم عن طريق اللون
المسافة	شعاع ليزر وجهاز إحساس ضوئي ، مقياس صوتي، مفتاح دقيق ، مطاط موصل	تثبيت مسافة بعيدة ثابتة ، التحكم في الموضع
الشكل	كاميرا تليفزيونية	الحدود الخارجية للجسم ، تمييز الخصائص ، تمييز الجسم
القوة (الوزن)	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربائي إجهادي	التحكم في قدرة المسك ، اختيار الجسم عن طريق الوزن
الانزلاق	مقياس انفعال ذو سلك مقاومة ، عنصر كهربائي إجهادي	التحكم في القدرة على الإمساك
الصوت	ميكروفون	وجود الجسم

الجدول ١٠-٤ أمثلة لأنواع وتطبيقات المجسات

في الروبوت الصناعي

١٠ - ٦ - ٥ البرامج (لغات برمجة الروبوت)

Software (Robot Languages)

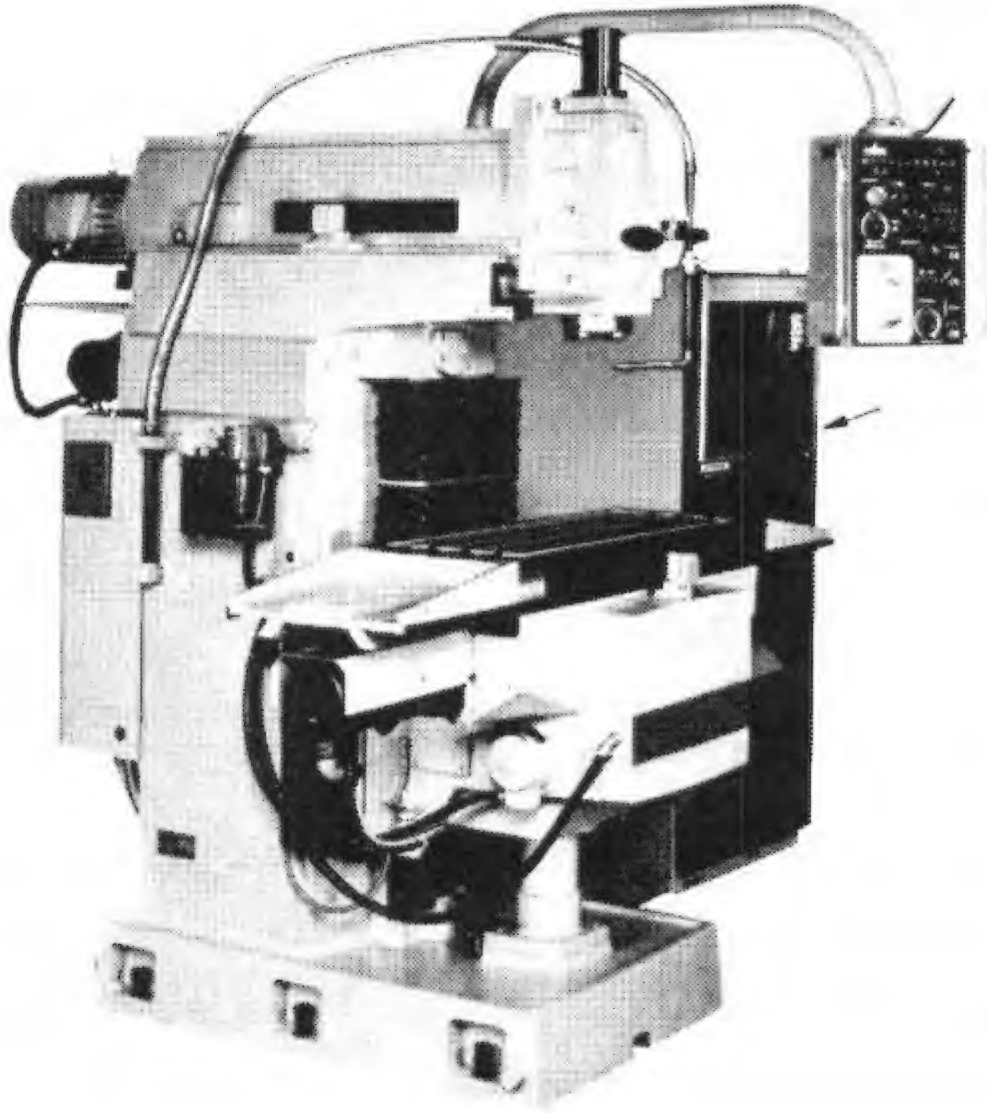
هناك حاجة للتحكم عن طريق البرامج باستخدام الحاسب لكي يرتبط الروبوت مع الأجهزة الأخرى ، ولكي يقوم الروبوت بضبط الأعمال المعقدة لتتناوب مع الحالات المختلفة تبعاً للظروف المحيطة به . ويستلزم هذا لغات للروبوت للقيام ببرمجة طرق العمل .

ويمكن تقسيم هذه اللغات ببساطة إلى لغات مستوى الفعل ولغات مستوى الغرض . وتحدد «لغات مستوى الفعل» كيفية تحريك «اليد» بالتتابع . بينما تشرح «لغات مستوى الغرض» كيفية تشغيل الأغراض (قطع التشغيل) ، بدون ذكر أفعال «اليد» . واللغات التي يتم تداولها هي تقريباً من نوع لغات مستوى الفعل.

١٠ - ٧ آلات التشغيل بالتحكم العددي NC Machine Tools

معدة التحكم العددي (NC) هي معدة التحكم التي تعطى أوامر خاصة عن مواضع العدة بالنسبة لقطع التشغيل وبنود أخرى ، عن طريق إشارات رقمية مناظرة لها . (وقد تم اختراع التحكم العددي عن طريق بارسونز - الولايات المتحدة سنة ١٩٥٢ . وبمعنى أصح ، كان يجب أن يسمى التحكم الرقمي (DC) . غير أن ، الاسم «التحكم العددي (NC)» قد أخذ به تبعاً لتاريخ استخدام وتطوير آلات التشغيل) . وتسمى آلات التشغيل التي تستخدم هذا النوع من المعدات - آلات التشغيل بالتحكم العددي . ومعدات التحكم العددي التي تستخدم حاسب دقيق تسمى أجهزة (CNC) (التحكم العددي باستخدام الحاسب) . وحالياً ، تقريباً جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، هي آلات تشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) .

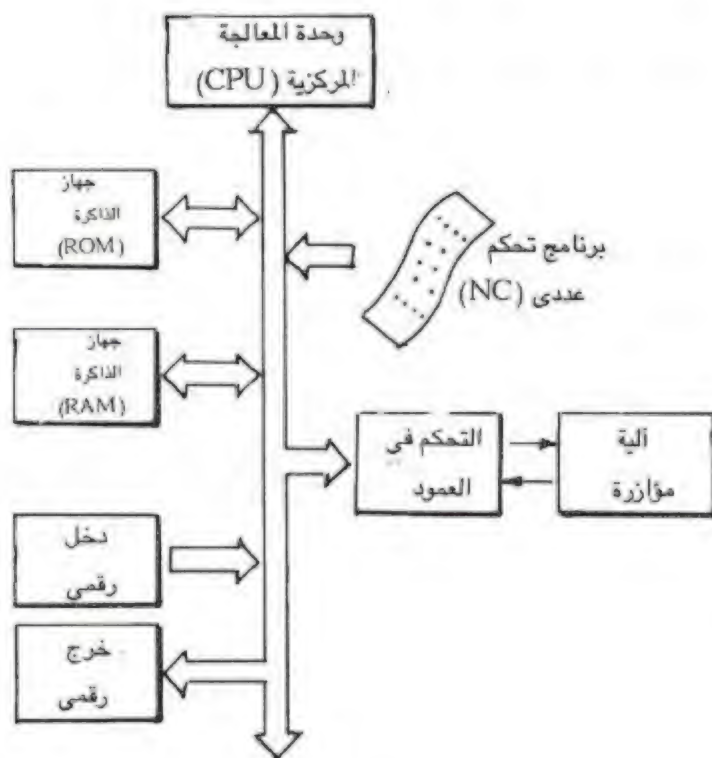
ويبين الشكل ١٠-٢٠ مثالا لآلة تشغيل بالتحكم العددي (NC) .



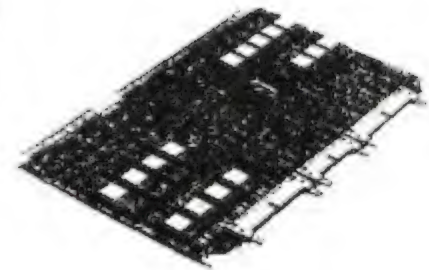
الشكل ١٠-٢٠ ماكينة تفريز بالتحكم العددي (NC)

ويبين شكل ١٠-٢١ ، التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ومثال للوحة دائرة

مطبوعة.



(أ) تنظيم التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)



(ب) مثال للوحة دائرة (CNC) مطبوعة

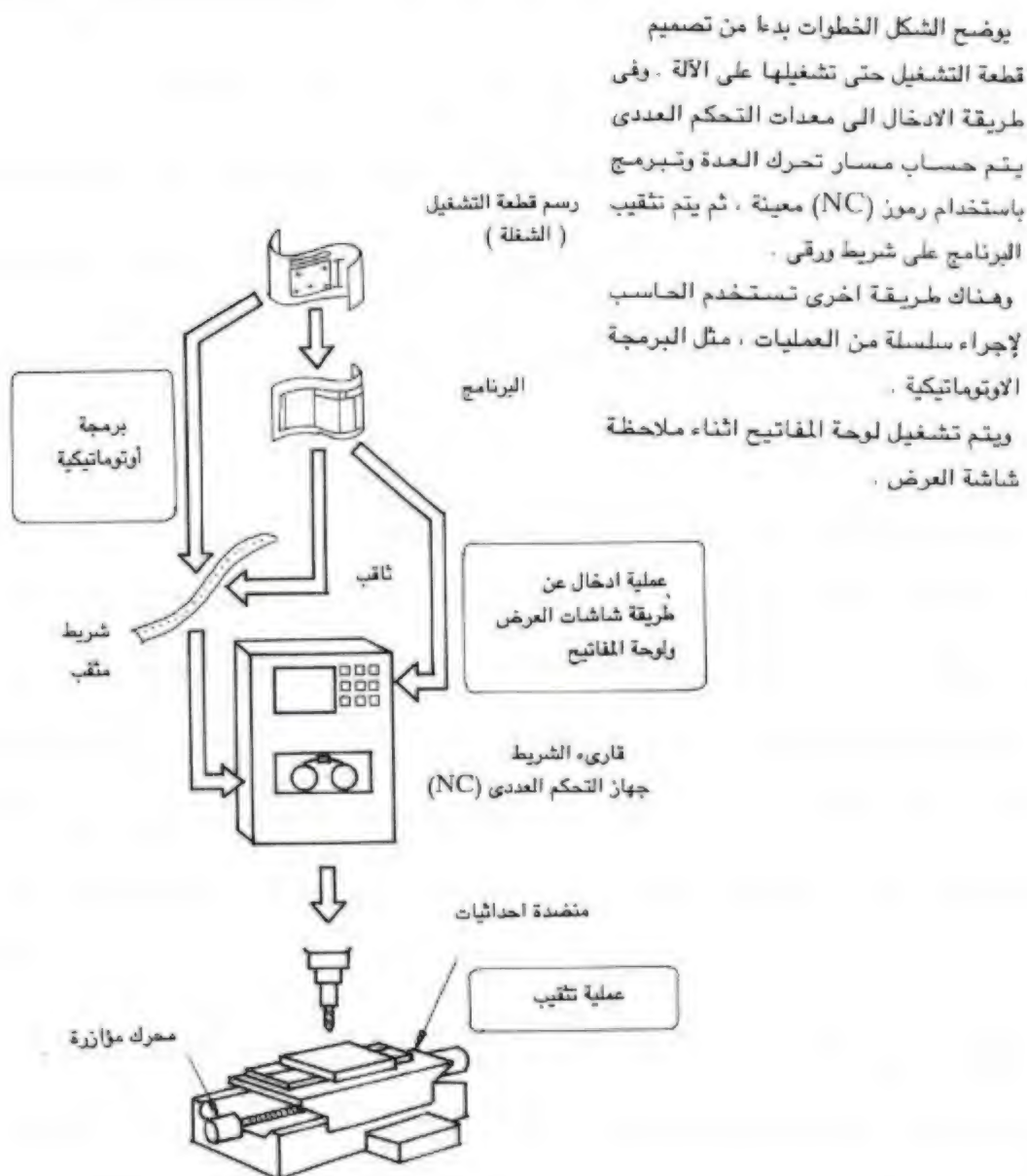
الشكل ١٠-٢١ التحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

ومثال للوحة دائرة (CNC) مطبوعة

ووحدة المعالجة المركزية هي العقل في الحاسب الدقيق . ومن الذاكرتين ، تقوم الذاكرة (ROM) بتخزين البرنامج التي تتحكم في معدات (NC) بنفسها ، وتفك رموز برامج التشغيل بالتحكم العددي (NC) . وتحتوي الـ (RAM) ، أساسا على بيانات التعليمات . كما تحتوي على برامج التشغيل . وفي التشغيل بالتحكم العددي (NC) ، وكما يظهر في الشكل ١٠-٢٢ ، تدخل البيانات الضرورية من خلال لوحة المفاتيح ويتم مراقبة إدخال البيانات إلى الذاكرة من خلال شاشة العرض . ويمكن تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددي بدون استخدام شريط ورقي . وتسمح هذه الطريقة بكتابة وطباعة وتصحيح البرامج بسهولة.

وبالمقارنة مع آلات التشغيل بالتحكم العددي المعروفة (NC)، فإن آلات التشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC) ، حاسب دقيق ذو سعة ذاكرة كبيرة ، ويمكن أن يقوم بتشغيل أجزاء مختلفة ومتنوعة بدرجة عالية من الاعتمادية، وبهذا تسمح بالتشغيل الأتوماتيكي لمدة طويلة .

١٠-٧-١ مسار العمل في حالة آلات التشغيل بالتحكم العددي



الشكل ١٠-٢٢ مسار العمل لآلة تشغيل بالتحكم العددي

١٠-٧-٢ التحكم في آلات التشغيل بالتحكم العددي

يتم التحكم في البنود التالية عند تشغيل آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) :

(١) التحكم في الموضع Positioning Control

تحدد مواضع التشغيل بدقة عن طريق هذا التحكم . ويُستخدم هذا التحكم أساساً آلات التشغيل للتثقيب كما في آلات التثقيب وآلات التجويف.

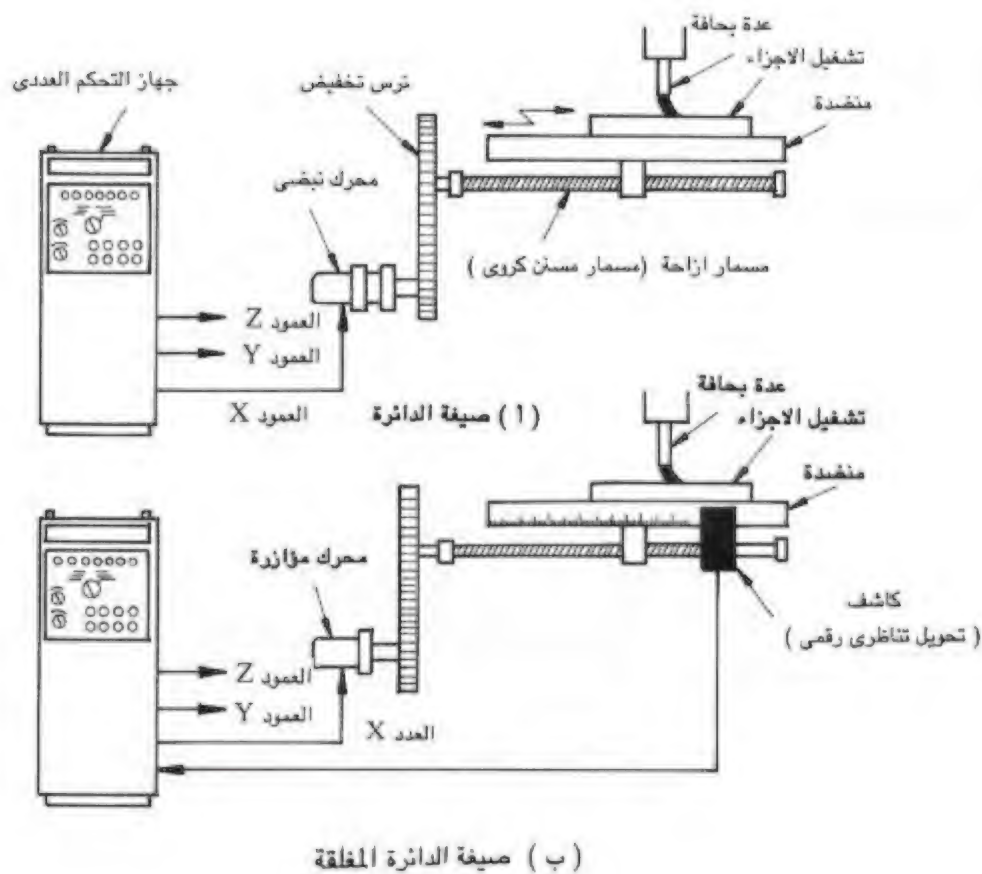
(٢) التحكم في الكنتور Contouring Control

يستخدم عندما يكون مسار حركة العدة ذا أهمية ، وكذلك عند قطع أشكال خاصة مثل الكامات .

وكما يبدو في الشكل ١٠-٢٣ ، يمكن ، تقريباً ، تقسيم طرق التحكم في نظم آلية لتشغيل Drive إلى مجموعتين . فكما تعلمنا عند دراسة موضوع آليات المؤازرة ، تقوم إحدى المجموعات بالآلية التشغيل باستخدام محرك نبضي ، وهذا يعتبر نظام الدائرة المفتوحة (انظر الشكل (أ)) ، للتدوير بوحدة زوايا الدوران لكل نبضة تعليمات داخلية . أما المجموعة الأخرى فهي تستخدم محرك مؤازرة للإدارة وهذا يعتبر نظام الدائرة المقفولة (انظر الشكل (ب)) ، للتأكد - عن طريق تركيب كاشف موضع منفصلاً - من أن العدة في الوضع المطلوب .

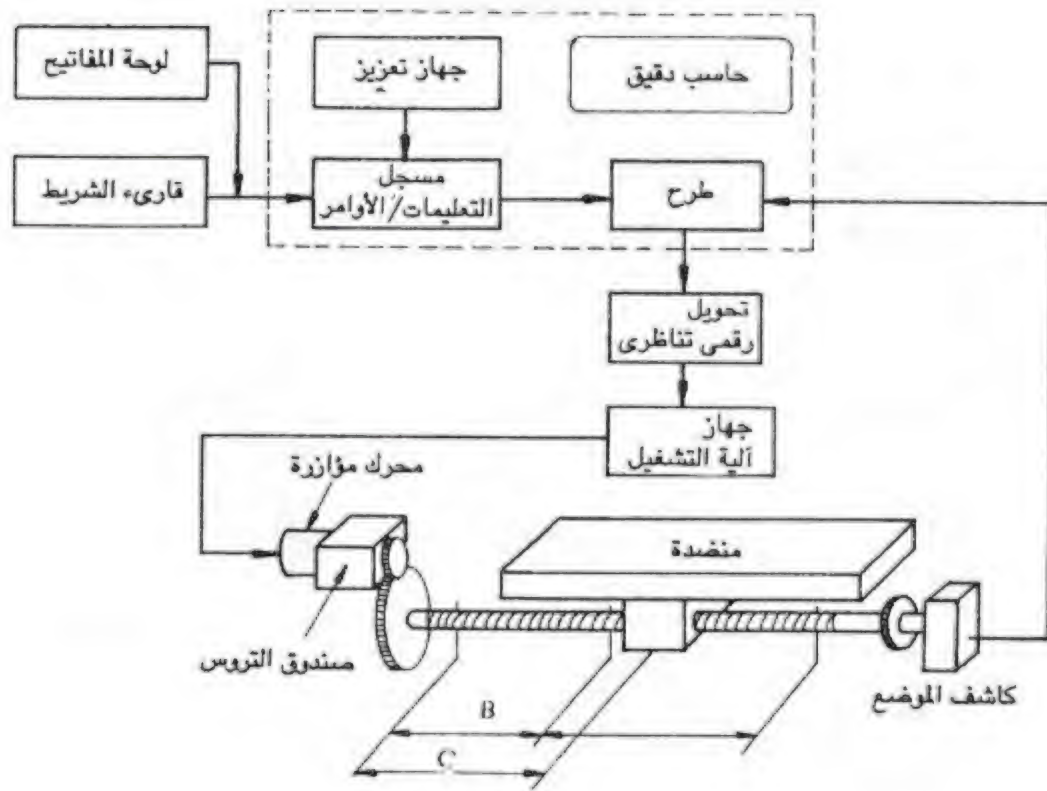
ولا يتطلب نظام الدائرة المفتوحة كاشفاً ، وهو ذو تركيب بسيط . وله درجة اتزان جيدة . غير أنه ، بالمقارنة مع النظام ذي الدائرة المقفلة ، أقل جودة من ناحية الدقة والسرعة والمقدرة . وتقريباً تتبع جميع آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) نظام الدائرة المقفلة باستخدام محركات مؤازرة (DC) ، وأيضاً محركات مؤازرة (AC) ، والتي تدور بسرعة عالية ، ويسهل الصيانة .

ويبين شكل ١٠-٢٤ مثالاً لآلة بالتحكم العددي (NC) تستخدم محرك مؤازرة كوحدة إدارة ، وتقوم بالكشف موضع منضدة آلة التشغيل عن طريق كاشف للقيام بتصحيح الموضع . وهي من نوع الدائرة المقفلة . وتستخدم مُشفر نبضات ، وميزان مغنطيسي ووحدات أخرى ككاشفات موضع .



الشكل ١٠-٢٣ طرق التحكم

يدخل الامر بقيمة A للتشغيل فقط من خلال لوحة المفاتيح أو قارئ الشريط . تضاف القيمة B فقط لمحاذاة نقطة أصل التشغيل ، لتصبح $A+B$. ولكل حركة للمنضدة بمسافة ما ، تستقبل كمية إشارة التغذية المرتدة C من الكاشف ، ويتم حسابها وارسالها الى محرك الموازنة . ويدور المحرك حتى تقترب القيمة C من القيمة التي تم ضبطها $A+B$ ، وتخفف سرعة المحرك ويتوقف في الوضع المطلوب . ثم ندخل قيمة تعليمات تشغيل تالية بالتتابع .



الشكل ١٠ - ٢٤ معدة بالتحكم العددي (NC) من نوع الدائرة المغلقة

١٠-٧-٣ تحول المصنع إلى الأوتوماتيكية عن طريق آلات التشغيل بالتحكم العددي باستخدام الحاسب (CNC)

عُجل استخدام آلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) بجعل التشغيل يتم أوتوماتيكياً، والتقدم من الآلات ذات الأغراض العامة إلى مراكز التشغيل (MCs) ذات وظيفة التغيير الأوتوماتيكي للعدد والمنصة (الطبلية)، (انظر الشكل ١٠-٢٥) ، وآلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) مع الروبوت الصناعي ، (انظر الشكل ١٠-٢٦) ، والانتقال إلى التشغيل بدون تدخل العامل .

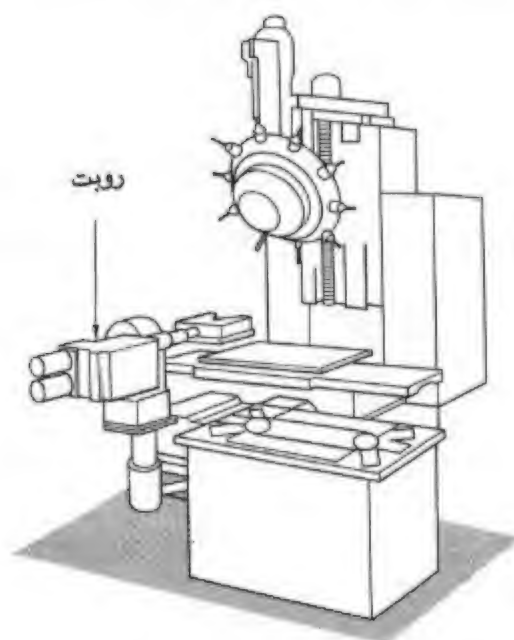
وتعمل هذه الآلات عند استقبال تعليمات التحكم من معدة (CNC) ، ويضبط أوضاع العدد أولاً ، يتم التأكد من تآكل العدة والبنود الأخرى ، ويتم تصحيح ذلك عن طريق معدة الـ (CNC) . وهي تقوم أوتوماتيكياً بالتأكد مما إذا كانت ظروف التشغيل عادية أم لا ، وتوقف التشغيل إذا كانت ظروف التشغيل غير عادية .

وتخزن معدات (CNC) مع برامج تشغيل قطع التشغيل المختلفة ، وتوقف العمل أوتوماتيكياً عند الانتهاء من العمليات والكميات المطلوبة .

وبهذا ، فإنه باستخدام آلات التشغيل (CNC) ، يمكن تحقيق التشغيل الأوتوماتيكي بدون تدخل العامل لمدة طويلة ، وعليه يمكن القيام بالإنتاج الأوتوماتيكي أثناء الليل ويمكن التحكم في الإنتاج حين يتحول المصنع إلى الأوتوماتيكية (FA)، وذلك عندما يتم ربط آلات التجميع الأوتوماتيكية، ووسائل النقل الأوتوماتيكي ، والمخازن التي تعمل أوتوماتيكياً والأنظمة الأخرى، بشكل متناسق مع آلات التشغيل (CNC) ، وعندما يتم التحكم الشامل لكامل المصانع عن طريق الحاسبات .



الشكل ١٠-٢٥ مركز تشغيل مع تغيير الطبلية



الشكل ١٠-٢٦ مثال لآلة تعمل بالتحكم العددي مع روبوت صناعي

تمريـنات

- ١ - صِفْ خصائص الحاسب الدقيق .
 - ٢ - يمكن تقسيم الحاسب الدقيق إلى أربعة أجزاء ببساطة . ما هي الأجهزة التي تشملها هذه الأجزاء ؟
 - ٣ - ما هي الأجهزة التي يمكن اعتبارها أجهزة خرج للحاسب الدقيق ؟
 - ٤ - عبر عن 21، 9 العشرية بالأرقام الثنائية .
 - ٥ - اجمع الأرقام الثنائية التالية وحولها إلى أرقام عشرية :
- | | |
|--------|--------|
| 1100 | 1000 |
| + 0110 | + 1110 |
- ٦ - كيف يُستخدَم الروبوت الصناعي في صناعة الآلات ؟ اذكر بعض الأمثلة .
 - ٧ - ما هو الأساس الذي يستخدمه قارئ الشريط الورقي لآلات التشغيل بالتحكم العددي (NC) ؟

ملاحظات ختامية

٨. تعريف الوحدات الأساسية

1 م (1m): طول مسافة انتشار الضوء في الفراغ في فترة تساوي $\frac{1}{299792458}$ ثانية .

1 كجم (1kg) : وحدة الكتلة ، وتساوي كتلة الكيلو جرام النموذجي الدولي .

1 ث (1s) : أمد مستمر في فترة 9 192 631 770 من إشعاع يناظر الانتقال بين مستويين فائقى الدقة لذرة السيزيوم 133 في حالة خمود .

1A : تيار مستمر يمر في موصلين مستقيمين موضوعين في فراغ بمسافة بينية تساوي 1 م ، ذوي مساحة مقطع دائري متناهية في الصغر ، وذوي طول لانهائي ، وتؤثر عليهما قوة تساوي 2×10^{-7} نيوتن / م .

1 سعر (1K) : يساوي $\frac{1}{273.16}$ من درجة الحرارة الترمودينامية عند النقطة الثلاثية للماء .

1 جزيء (1 mol) : مقدار المادة في النظام الذي يحتوي على عناصر مركبة من العدد الذي يساوي عدد الذرات الموجودة في 0.012 كجم من كربون 12 .

1 شمعة (1 cd) : شدة إضاءة مصدر ضوئي يشع إشعاعاً أحادي اللون بتردد يساوي 540×10^{12} هرتز ، وبشدة إشعاع تساوي $\frac{1}{683}$ وات /ستيراديان في أحد الاتجاهات.

٢. بعد سنة ١٩٤٨ ، أجريت دراسات لتوحيد جميع الكميات الطبيعية في نظام واحد ، وذلك لمنع التضارب الناتج من الأنظمة المختلفة للوحدات . وفي الجلسة المكتملة للهيئة الدولية للموازين والمقاييس سنة ١٩٦٠ ، تم وضع ست وحدات أساسية (حاليا سبع) ووحدتين إضافيتين ، وقد اتُّفق على تجميع وحدات الكميات الطبيعية الأخرى بناءً على هذه الوحدات. وقد كان هذا بداية النظام الدولي للوحدات (SI) .

a : القياس الدقيق بواسطة شعاع ليزر

b : تحديد وضع عدة آلة التشغيل باستخدام جهاز قياس ، بتطبيق تداخل أشعة الليزر .

C : مبین

d : مصدر ضوء الليزر

e : مقياس التداخل

f : فحص بالمقارنة عن طريق نموذج درجة حرارة

g : مفتاح تحكم

h : مستقبل تليفزيوني TV

i : مثال للفحص بالمقارنة للوحة دائرة مطبوعة بطريقة بث أشعة تحت الحمراء من غرض عن طريق كاميرا الأشعة تحت الحمراء وعرض الأشعة تحت الحمراء التي تم التقاطها على مستقبل TV كنموذج لدرجة الحرارة (تسجيل الحرارة) .

j : مقياس ملون

K : نموذج معياري

l : نموذج الأجزاء التي تم فحصها

(الدوائر المكتملة ICs الموضحة بأسهم تبين درجات حرارة عالية ، وهذا يعني خللاً أو عيباً

a : الأوتوماتيكية عن طريق ربوت صناعي .

b : مثال لسلسلة من أعمال التجميع الأتوماتيكية مثل التغذية بالأجزاء (إدخال الأجزاء) ، والتجميع ، وتربيط المسامير المسننة والحركة باستخدام ربوت تجميع له وظائف تحكم عالية .

C : تحريك أجزاء IC

d : التغذية بالأجزاء وربط المسامير المسننة .

e : تجميع وتحريك مسجلات شرائط فيديو .

ملحق المصطلحات الفنية

A

accuracy.....	دقة
actuator	مُشغل
AD conversion.....	تحويل تناظري رقمي
addition	جمع
addition circuit.....	دائرة الجمع
address	عنوان
adjustment.....	ضبط
air micrometer.....	ميكرومتر هوائي
ammeter.....	أميتر
analogue	تناظري
application.....	تطبيق
area.....	مساحة
assembler language.....	لغة التجميع
autocollimator.....	الموازي الذاتي
automatic.....	أوتوماتيكية
automatic control.....	تحكم أوتوماتيكي
automation	الأتمتة

B

back-pressure	ضغط خلفي
balance wheel	عجلة موازنة
balance	ميزان
BASIC language	لغة البيسك
bimetal	ثنائي المعدن
binary	ثنائي
bit	بت
block diagram.....	الرسم التخطيطي الصندوقي
block gauge	قالب قياس معياري
bulb.....	بصيلة المصباح الكهربائي
byte.....	بايت

C

cadmium sulphide cell.....	خلية كبريتات الكادميوم
calculations.....	حسابات
capacity.....	سعة
carburetor	كربوريتور
cell.....	خلية
centrifugal tachometer.....	تاكومتر الطرد المركزي
characteristics.....	خصائص
chart.....	مخطط

circuit.....	دائرة
classification.....	تصنيف
clock.....	الساعة (آلة قياس الوقت)
comparator.....	مقارن
computer.....	حاسب
CNC (computerized numerical control).....	تحكم عددي باستخدام الحاس
contact error	خطأ التلامس
control.....	تحكم
controller.....	وحدة التحكم
control valve.....	صمام التحكم
conversion.....	تحويل
conveyor	ناقل
copy control.....	التحكم في النسخ
contou.....	كنتور - محيط
CPU (central processing unit)	وحدة المعالجة المركزية
cylinder.....	اسطوانة

D

DA conversion	تحويل رقمي تناظري
D action (derivative control action)	العمل D - عمل التحكم بالتفاضل
dead load.....	حمل ساكن
dead time	زمن الخمود

decimal.....	عشري
deflection method.....	طريقة الانحراف
deformation.....	تشوه
delay.....	تأخير
density.....	كثافة
detecting part.....	جزء الكشف
detector.....	كاشف
device.....	جهاز - نبيطة (عنصر)
diaphragm.....	غشاء
dial gauge.....	مقياس قرصي مدرج
differential	فرقي - تفاضلي
differential pressure flowmeter.....	مقياس الانسياب بالضغط الفرقي
diffraction.....	حيود
digital.....	رقمي
digital control.....	التحكم الرقمي
diode	ثنائي
direction	اتجاه
direct -reading.....	القراءة المباشرة
dispersion.....	تشتت - انتشار
displacement.....	إزاحة
division.....	قسمة
drive.....	آلية التشغيل
double weighing capacity method.....	طريقة سعة الوزن المضاعف

dyne دايـن

E

effect تأثير
elastic standardizing box..... صندوق المعايرة المرن
electric..... كهربائي
electrical..... كهربائي
electric micrometer..... ميكرومتر كهربائي
electromagnetic..... كهرومغناطيسي
electronic..... الكتروني
electrostatic كهروستاتي - الكهرباء الساكنة
element عنصر
end standard معيار طرفي
engine..... محرك (سيارة)
error..... خطأ

F

factory..... مصنع
feedback..... تغذية مرتدة
final controlling element..... عنصر التحكم النهائي
first order..... من المرتبة الأولى

flatness	استواء
float	عوامة
flow	انسياب
flow chart.....	سير العمليات
flowmeter.....	مقياس انسياب
fluid.....	مائع
follow-up.....	متابعة
force.....	قوة
fringe.....	هَدْبَة

G

gas.....	غاز
gauge.....	مقياس
generating tachometer.....	التاكومتر المولد
grid.....	شبكة
guide valve.....	صمام دليلي

H

half - addition circuit.....	دائرة الجمع النصفى
hardware.....	المكونات المادية
hexadecimal.....	سداسية عشرية
holding circuit.....	دائرة الاحتجاز

hopper scale.....	الميزان القمعي
humidity.....	رطوبة
Hustler tachometer.....	تاكومتر هستلر
hydraulic.....	هيدروليكي
hysteresis difference	الفرق التخلفي

I

I action (integral action).....	العمل I - العمل المكامل
impeller.....	دقاعة
indicating instruments.....	أجهزة البيان
indicating scale	الميزان ذو المبين
indication.....	بيان
indicator.....	مبين
inductance.....	محاثة
industrial.....	صناعي
industrial robot	روبوت صناعي
infrared.....	تحت الحمراء - الأشعة تحت الحمراء
instructions	تعليمات
instrumentation.....	استخدام أجهزة القياس
integral element.....	العنصر المكامل
interface.....	المواءمة البينية
interference.....	تداخل

interlock circuit..... دائرة التشابك

J

JIS(Japanese Industrial Standards) المواصفات الصناعية اليابانية

L

log تخلف

language..... لغة

laser beam..... شعاع الليزر

LED (light emission diode)..... ثنائي باعث للضوء

length..... طول

light lever..... ذراع ضوئي

light wave..... موجة الضوء

line standard..... معيار خطي

liquid crystal display..... المبين ذو البلورات السائلة

liquid column pressure gauges..... مقاييس الضغط بعمود سائل

liquid level..... مستوى السائل

load cell..... خلية الحمل

logic circuit..... الدائرة المنطقية

M

machine language.....	لغة الآلة
machine tool.....	آلة التشغيل
magnetic.....	مغناطيسي
mass.....	كتلة
mean value.....	القيمة المتوسطة
measured value.....	القيمة المقاسة
measurement.....	القياس
measuring instrument.....	جهاز قياسي
measuring range.....	مدى القياس
mechanical.....	ميكانيكي
meter.....	مقياس
method.....	طريقة
metallic.....	معدني
microcomputer	حاسب دقيق
micro processor	معالج دقيق
micrometer.....	ميكرومتر
MIS	المواصفات العسكرية الأمريكية
Moire fringes	هُدْبُ مُوَار
moisture.....	رطوبة
motor.....	محرك
motor starter	باديء حركة (تشغيل) المحرك

multiplication..... ضرب

N

NC (numerical control)..... تحكم عددي

non - contact بدون تلامس

nozzle..... فوهة

numerical value..... قيمة عددية

O

ohmmeter..... أومّتر (مقياس المقاومة)

on - off action عمل وصل / فصل

optical..... ضوئي

optoelectric..... كهروضوئي

orifice..... فتحة

oscillograph..... راسمة الذبذبات

output..... خرج

oval..... بيضاوي

overshoot..... تجاوز وضع التوازن

oxygen..... أكسجين

P

P action (proportional action).....	العمل P - العمل المناسب
parallax.....	اختلاف المنظر
parallelism.....	توازي
pattern.....	نموذج - مخطط - نمط
pendulum.....	بندول
performance.....	أداء
piezoelectric.....	كهربائي إجهادي
photoelectric.....	كهروضوئي
phototransistor.....	ترانزستور ضوئي - الالكترنيات البصرية
photovoltaic cell.....	خلية كهروضوئية
platform scale.....	ميزان ذو منصة (طبليّة)
platinum.....	بلاتين
pneumatic.....	نيوماتي (ميكنه بالهواء المضغوط)
portable clock tachometer	التاكومتر المحمول ذو الساعة
position.....	موضع
positive.....	موجب
pressure.....	ضغط
probe	مجس
process control.....	التحكم في العمليات
program.....	برنامج
programmable controller.....	وحدة التحكم المبرمج

properties	خصائص
proximity switch.....	مفتاح التقارب
pulse.....	نبضة
pulse motor.....	المحرك النبضي
pump	مضخة
pyrometer.....	بيرومتر

Q

quartz clocks.....	ساعات الكوارتز
quartz oscillator.....	مذبذب الكوارتز

R

radiation.....	إشعاع
RAM(random access memory)	ذاكرة الوصول العشوائي
ratio.....	نسبة
ray.....	شعاع
reciprocal.....	ترددي
reference.....	مرجع
reflection.....	انعكاس
register.....	مسجل
relay.....	مرحل

relief valve.....	صمام تنفيس (تخفيف)
resistance.....	مقاومة
responce.....	استجابة
robot.....	روبوت أو روبط
ROM (read only memory)	ذاكرة القراءة فقط
rounding of values.....	تقريب القيم
rpm(revolutions per minute).....	عدد اللفات في الدقيقة

S

scale.....	مقياس - ميزان
screw.....	مسمار مسنن
secondary.....	ثانوي
semi-conductor.....	شبه موصل
sensitivity.....	حساسية
sensor.....	حساس مجس
sequence.....	تتابع
sequential control.....	تحكم متتابع
servo - mechanism.....	آلية مؤازرة (سرervo)
shape.....	شكل
signal.....	إشارة
significant digit.....	رقم معنوي
slide rheostat.....	ريوستات منزلق

software.....	برامج
solenoid valve.....	صمام ذو ملف لولبي
speed of revolution.....	سرعة الدوران
standard deviation.....	الانحراف المعياري
standard scale.....	مقياس معياري
step response.....	الاستجابة لدالة الخطوة (الخطوية)
straightness.....	استقامة
strain gauge.....	مقياس الإنفعال
stroboscope tachometer	التاكومتر الستروبوسكوبي
subtraction.....	طرح
surface roughness.....	خشونة السطح
switch.....	مفتاح
system.....	نظام

T

tachometer.....	تاكومتر
temperature.....	درجة الحرارة
thermal.....	حراري
thermistor.....	ثرمستور - مقاوم حراري
thermocouple.....	مزدوجة حرارية
thermoelectric.....	كهروحراري - حراري كهربائي
Thermodynamic	ثرمو دينامي

thermometer.....	ترمومتر
thermostat.....	ترموستات
three - dimensional.....	ثلاثي الأبعاد
thyristor.....	ثايرستور - نبیطة ثلاثیة من أشباه الموصلات
time.....	الزمن
time limit relay	مرحل الحد الزمني
timer.....	مُؤَقَّت
tool microscope.....	مجهر العدة
toothed wheel	عجلة مسننة
tracer.....	متتبع
transformer.....	محول
transistor.....	ترانزستور
transmission.....	إرسال
treatment	معالجة

U

ultrasonic.....	فوق الصوتي
unit.....	وحدة
universal profile projector	جهاز عام لإسقاط المظهر الجانبي على شاشة
utilization	إستخدام

V

vacuum.....	تفريغ
value.....	قيمة
valve.....	صمام
variable.....	متغير
venturi tube.....	أنبوبة فنتوري
vernier caliper.....	قدمة ذات ورنية
voltmeter.....	فولتметр

W

wet.....	مبلل
Wheatstone bridge.....	قنطرة هويستون
wire	سلك

Z

zero method	الطريقة الصفرية
-------------------	-----------------

تصويب الأخطاء.

م	رقم الصفحة	مكان الخطأ	الخطأ	الصواب
١	١٦٧	العنوان رقم ٥-٢-٢	مقياس الانسياب دوران المساحة	مقياس الانسياب على أساس دوران المساحة
٢	٢٠٥	تحت الرسم	إرجع إلى ص ...	إرجع إلى ص (١٠٨)
٣	٢٨٤	تحت الرسم	علاقة رياضية سقطت سهواً	$y = \frac{X}{C} \int_0^t dt = \frac{X}{C} t \dots (9-2)$
٤	٣٣٦	على الرسم	(اسطوانة ...) و (مرنان بورى)	أسطوانة صلبة ، مذبذب بلورى

الحمد لله تعالى الذي تتم بنعمه الصالحات
 لقد وفقت بتصوير النسخة اسكنر بصورة جديده
 وطباعة ممتازة
 نسألكم الدعاء بظهر الغيب لي ولوالدي
 اخوكم في الله ابو عبدالله عبد المهيمن فوزي

